

---

**ANNUAL REPORT**  
*of the*  
**Inter-American Tropical Tuna Commission**

---

**1981**

---

**INFORME ANUAL**  
*de la*  
**Comision Interamericana Del Atun Tropical**

---

**La Jolla, California**  
**1982**

## CONTENTS—INDICE

### ENGLISH VERSION—VERSION EN INGLES

	Page
INTRODUCTION .....	7
COMMISSION MEETINGS .....	8
ADMINISTRATION .....	9
Budget .....	9
Inter-agency cooperation .....	10
Field offices .....	11
PUBLICATIONS AND REPORTS .....	12
THE FISHERY IN 1981 .....	14
Résumé .....	14
Statistics of catch and landings .....	15
The tuna fleets of the eastern Pacific Ocean .....	17
Exploratory fishing in French Polynesia and the Pitcairn Islands .....	19
RESEARCH IN 1981	
Abundance of tunas and success of fishing .....	21
Population structure and migrations .....	26
Other aspects of tuna biology .....	38
Tuna-dolphin investigation .....	56
Oceanography and tuna ecology .....	71
STATUS OF THE TUNA STOCKS IN 1981	
AND OUTLOOK FOR 1982 .....	75
Yellowfin .....	75
Skipjack .....	90
Northern bluefin .....	97

## VERSION EN ESPAÑOL—SPANISH VERSION

	Página
INTRODUCCION .....	99
REUNIONES DE LA COMISION .....	100
ADMINISTRACION.....	101
Presupuesto .....	101
Colaboración entre entidades afines .....	102
Oficinas regionales .....	104
PUBLICACIONES E INFORMES .....	105
LA PESCA EN 1981 .....	106
Resumen .....	106
Estadísticas de captura y desembarque .....	107
La flota atunera del Océano Pacífico oriental .....	110
Pesca exploratoria en la Polinesia Francesa y las Islas Pitcairn .....	112
INVESTIGACION EN 1981 .....	114
Abundancia de atunes y resultados de pesca .....	114
Estructura de la población y migración .....	120
Otros aspectos de la biología atunera .....	133
Investigación atún-delfín .....	154
Oceanografía y ecología del atún .....	169
CONDICION DE LAS POBLACIONES DE ATUN EN 1981 Y PERSPECTIVAS PARA 1982 .....	174
Atún aleta amarilla .....	174
Barrilete .....	190
Atún aleta azul .....	198
<hr/>	
<b>APPENDIX I—APENDICE I</b>	
STAFF—PERSONAL.....	201
<b>APPENDIX II—APENDICE II</b>	
FIGURES AND TABLES—FIGURAS Y TABLAS .....	207

**COMMISSIONERS OF THE INTER-AMERICAN TROPICAL TUNA  
COMMISSION AND THEIR PERIODS OF SERVICE FROM ITS  
INCEPTION IN 1950 UNTIL DECEMBER 31, 1981**

**LOS DELEGADOS DE LA COMISION INTERAMERICANA DEL ATUN  
TROPICAL Y SUS PERIODOS DE SERVICIO DESDE LA INICIACION  
EN 1950 HASTA EL 31 DE DICIEMBRE DE 1981**

**COSTA RICA**

Virgilio Aguiluz ..... 1950-1965  
José L. Cardona-Cooper ..... 1950-1979  
Victor Nigro ..... 1950-1969  
Fernando Flores B. .... 1958-1977  
Milton H. López G. .... 1965-1977  
Eduardo Beeche T. .... 1969-1971  
Francisco Terán Valls ..... 1971-1977  
Manuel Freer ..... 1977-1979  
Gabriela Myers ..... 1977-1979  
Rudolfo Sáenz O. .... 1977-1979

**UNITED STATES OF AMERICA**

Lee F. Payne ..... 1950-1961\*  
Milton C. James ..... 1950-1951  
Gordon W. Sloan ..... 1951-1957  
John L. Kask ..... 1952  
John L. Farley ..... 1953-1956  
Arnie J. Suomela ..... 1957-1959  
Robert L. Jones ..... 1958-1965†  
Eugene D. Bennett ..... 1950-1968‡  
J.L. McHugh ..... 1960-1970  
John G. Driscoll, Jr. .... 1962-1975\*\*  
William H. Holmstrom ..... 1966-1973  
Donald P. Loker ..... 1969-1976  
William M. Terry ..... 1970-1973§  
Steven E. Schanes ..... 1973-1974  
Robert C. Macdonald ..... 1973-  
Wilvan G. Van Campen ..... 1974-1976  
Jack Gorby ..... 1975-  
Glen H. Copeland ..... 1976-1977  
Wymberley Coerr ..... 1977-

**MEXICO**

Rodolfo Ramirez G. .... 1964-1966  
Mauro Cárdenas F. .... 1964-1968  
Héctor Chapa Saldaña ..... 1964-1968  
Maria Emilia Téllez B. .... 1964-1971  
Juan Luis Cifuentes L. .... 1967-1970  
Alejandro Cervantes D. .... 1960-1978  
Alín Zarur M. .... 1968-1970  
Arturo Díaz R. .... 1970-1978  
Joaquin Mercado F. .... 1970-1977  
Pedro Mercado S. .... 1970-1975  
Fernando Castro y Castro ..... 1975-1977

**PANAMA**

Miguel A. Corro ..... 1953-1957  
Domingo A. Díaz ..... 1953-1957  
Walter Myers, Jr. .... 1953-1957  
Juan L. de Obarrio ..... 1958-1980  
Richard Eisenmann ..... 1958-1960  
Gabriel Galindo ..... 1958-1960  
Harmodio Arias, Jr. .... 1961-1962  
Roberto Novey ..... 1961-1962  
Carlos A. López-Guevara ..... 1962-1974  
Dora de Lanzner ..... 1963-1972  
Camilo Quintero ..... 1963-1972  
Arquimedes Franqueza ..... 1972-1974  
Federico Humbert, Jr. .... 1972-1974  
Carolina T. de Mouritzen ..... 1974-  
Jaime Valdéz ..... 1974-  
Carlos Arellano L. .... 1980-  
Luis E. Rodriguez ..... 1980-

**CANADA**

Emerson Gennis ..... 1968-1969  
A.W.H. Needler ..... 1968-1972  
E.B. Young ..... 1968-1980  
Leo E. Labrosse ..... 1970-1972  
Robert L. Payne ..... 1970-1974  
G. Ernest Waring ..... 1970-1976  
S.N. Tibbo ..... 1940-1977  
James S. Beckett ..... 1977-  
M. Hunter ..... 1981-

**JAPAN**

Tomonari Matsushita ..... 1971-1973  
Shoichi Masuda ..... 1971-  
Fumihiko Suzuki ..... 1971-1972  
Seiya Nishida ..... 1972-1974  
Kunio Yonezawa ..... 1973-1979  
Harunori Kaya ..... 1974-1976  
Michio Mizoguchi ..... 1976-1977  
Michihiko Junihiro ..... 1979-1980  
Tatsuo Saito ..... 1979-  
Toshio Isogai ..... 1980-

**FRANCE**

Serge Garache ..... 1973-1980  
Robert Letaconnoux ..... 1973-  
René Thibaudau ..... 1976-1977  
Maurice Fourneyron ..... 1980-

**NICARAGUA**

Gilberto Bergman Padilla ..... 1973-1980  
Antonio Flores Arana ..... 1973-1976  
José B. Godoy ..... 1976-1980  
Octavio Gutierrez D. .... 1977-1980  
Jamil Urroz E. .... 1977-

\*Deceased in service April 10, 1961

\*Murió en servicio activo el 10 de abril de 1961

†Deceased in service April 26, 1965

†Murió en servicio activo el 26 de abril de 1965

‡Deceased in service December 18, 1968

‡Murió en servicio activo el 18 de diciembre de 1968

§Deceased in service May 5, 1973

§Murió en servicio activo el 5 de mayo de 1973

\*\*Deceased in service October 16, 1975

\*\*Murió en servicio activo el 16 de octubre de 1975



# **ANNUAL REPORT OF THE INTER-AMERICAN TROPICAL TUNA COMMISSION 1981**

## **INTRODUCTION**

The Inter-American Tropical Tuna Commission operates under the authority and direction of a convention originally entered into by the Republic of Costa Rica and the United States of America. The convention, which came into force in 1950, is open to adherence by other governments whose nationals fish for tropical tunas in the eastern Pacific Ocean. Under this provision Panama adhered in 1953, Ecuador in 1961, the United Mexican States in 1964, Canada in 1968, Japan in 1970, and France and Nicaragua in 1973. Ecuador withdrew from the Commission in 1968, Mexico in 1978, and Costa Rica in 1979.

The principal duties of the Commission under the convention are (a) to study the biology of the tunas and related species of the eastern Pacific Ocean with a view to determining the effects that fishing and natural factors have on their abundance and (b) to recommend appropriate conservation measures so that the stocks of fish can be maintained at levels which will afford maximum sustainable catches if and when Commission research shows such measures to be necessary.

In 1976 the Commission's duties were broadened to include problems arising from the tuna-dolphin relationship in the eastern Pacific Ocean. As its objectives it was agreed that, "[1] the Commission should strive to maintain a high level of tuna production and [2] also to maintain porpoise stocks at or above levels that assure their survival in perpetuity, [3] with every reasonable effort being made to avoid needless or careless killing of porpoise." The specific areas of involvement are (1) monitoring population sizes and mortality incidental to fishing through the collection of data aboard tuna purse seiners, (2) aerial surveys and dolphin tagging, (3) analyses of indices of abundance of dolphins and computer simulation studies and (4) gear and behavioral research and education.

To carry out these missions, the Commission is required to conduct a wide variety of investigations, both at sea and in the laboratory. The research is carried out by a permanent, internationally-recruited research and support staff selected and employed by the Director of Investigations, who is directly responsible to the Commission.

The scientific program is now in its 31st year. The results of its research are published by the Commission in its Bulletin series in English and Spanish, its two official languages. Reviews of each year's operations and activities are reported upon in its annual report, also in the two languages. Other studies are published in the Commission's Special Reports and in outside scientific journals and trade journals. By the end of 1981 the Commission's staff had published 117 bulletins, 3

special reports, 212 articles in outside journals, and 30 annual reports. All scientific and annual reports have been given worldwide distribution, and thus have been made available for the critical scrutiny of a wide selection of the world's scientific community.

### COMMISSION MEETINGS

The Commission's 39th meeting was held in Paris, France, on October 19 to 21, 1981. All member governments were represented at the meeting, and there were observers from Colombia, Mexico, Peru, Korea (Republic of) Spain, the Republic of China (Taiwan), and Venezuela. In addition, the Comisión Permanente del Pacífico Sur, the International Whaling Commission, and the Organization for Economic Cooperation and Development were represented at the meeting.

The following agenda was approved by the Commission at the outset of the meeting and followed closely throughout the session:

1. Opening of the meeting
2. Consideration and adoption of the agenda
3. Review of current research
4. Tuna-dolphin program
5. The 1981 fishing year
6. Condition of the yellowfin stock and recommendations for 1982
7. Recommended research program and budget for FY 1983-1984
8. Review of negotiation toward a new or modified tuna convention
9. Place and date of next meeting
10. Election of officers
11. Other business
12. Adjournment

The following actions were taken by the Commission:

(1) The Commission's staff recommended a yellowfin catch quota of 160,000 short tons for the 1982 fishing year and the flexibility to adjust this quota upward during 1982 to allow for the possibility that the staff has underestimated the abundance of the stock. The rationale for this recommendation is given in Background Paper No. 2 of the meeting, which is available from the Commission on request. The Commission adopted the following resolution with regard to a yellowfin conservation program in 1982.

*"Whereas* no mechanism for a 1982 regulatory program for the conservation of yellowfin tuna in the eastern Pacific Ocean has yet been agreed to, and

*Whereas* such a yellowfin conservation program has been in effect every year from 1966 through 1979, and

*Recognizing that* there continues to be a need for a yellowfin conservation program in 1982 in order that the yellowfin resources may be maintained at a level that will insure continued high productivity in the future,

*The Inter-American Tropical Tuna Commission therefore recommends* to the high contracting parties that when a yellowfin conservation program is adopted for 1982, there should be established an annual quota on the total catch of yellowfin tuna for the 1982 calendar year of 160,000 short tons from the CYRA as defined in the resolution adopted by the Commission on May 17, 1962, and

*Further recommends* that the Director of Investigations should be authorized to increase this limit by no more than two successive increments of 15,000 short tons each, if he concludes from examination of available data that such increases will offer no substantial danger to the stock, and

*Finally recommends* that all member states and other interested states work diligently to achieve the implementation of such a yellowfin conservation program for 1982."

(2) The Commission agreed to a proposed budget of \$2,638,355 for fiscal year 1983-1984.

(3) The Commission agreed to hold the next regular meeting of the Commission in San Diego, California (U.S.A.), probably during October 18-21, 1982.

(4) The Commission elected Mr. Michael Hunter of Canada as Chairman of the Commission for 1982.

## ADMINISTRATION

### BUDGET

At its 36th meeting, held in Tokyo, Japan, in October 1978, the Commissioners stated that the financial situation in their countries would not allow the increase (\$361,513) in budget sought by the Commission's scientific staff for fiscal year 1980-1981. However it was subsequently agreed in January 1979 via correspondence to allow an increase of \$131,713 to meet inflationary trends, setting the total budget for fiscal year 1980-1981 at \$2,258,360.

In February 1979 it was learned that the U.S. contribution to the Commission in fiscal year 1980-1981 would be \$2,032,500, thus fixing the total budget at \$2,133,503, an increase of only \$6,856 over the officially approved budget for fiscal year 1979-1980.

## INTER-AGENCY COOPERATION

During 1981 the scientific staff continued to maintain close contact with university, governmental, and private research organizations and institutions on both the national and international level. This contact enables the staff to keep abreast of the rapid advances and developments taking place in fisheries research and oceanography throughout the world. Some aspects of these relationships are described below.

The Commission's headquarters are located on the campus of Scripps Institution of Oceanography in La Jolla, California, one of the major world centers for the study of marine science and the headquarters for many state and federal agencies involved in fisheries, oceanography, and ancillary sciences. This situation provides the staff an excellent opportunity to maintain daily contact with scientists of these organizations.

The very cordial and productive relationship which this Commission has enjoyed with the International Commission for the Conservation of Atlantic Tunas, the Comisión Permanente del Pacífico Sur, the South Pacific Commission, the Food and Agriculture Organization of the United Nations, and other international bodies, continued during the year.

Also in 1981 the Commission maintained close working relationships with fishery agencies of its member countries, as well as similar institutions in other parts of Asia, Europe, Latin America, and Pacific Islands. Specific examples are given below.

In April the Instituto Nicaraguense de la Pesca (National Institute of Fisheries of Nicaragua) hosted a 5-day Workshop on tuna-dolphin research in cooperation with IATTC. In addition to representatives of Nicaragua and the IATTC, scientists from five other countries participated.

During all of 1981 the Ministerio de Agricultura y Ganadería (Ministry of Agriculture and Livestock) of Costa Rica continued to cooperate with the IATTC by assigning a staff biologist, Mr. Mario Rojas, to the task of collecting biological samples in Puntarenas for Commission personnel.

In the latter part of 1981 the Dirección de Recursos Marinos (Department of Marine Resources) of Panama agreed to cooperate with the Commission in the establishment of a field laboratory just northwest of Cape Mala to investigate the early life history of tunas. Some of the preliminary studies will be conducted near Panama City using facilities kindly provided by the Smithsonian Institution Facility at Isla Naos.

The Instituto Nacional de Pesca (National Institute of Fisheries) of Ecuador is collaborating with the IATTC in publishing the results of an extensive

oceanographic investigation cooperatively carried out by the two organizations during 1961 to 1964. This paper is being published in the Institute's Scientific and Technical Bulletin Series.

During 1981 the Commission continued its bluefin tagging project in southern Japan in cooperation with the Japanese Far Seas Fishery Research Laboratory (Shimizu). This project, begun in 1980, has resulted in the tagging of nearly 4,000 small bluefin, and the tag recovery data have provided some highly important insights concerning the migratory habits of this species.

In the spring of 1981 Costa Rica, Ecuador, Nicaragua, and Panama, and in the autumn of that year Mexico, kindly granted the Commission special fishing and baiting permits for tagging cruises, and the Instituto Nacional de Pesca (National Fisheries Institute) of Mexico provided scientific observers. Also in 1981 the Institute collaborated with the IATTC in a seminar, held in Ensenada, Baja California, for Mexican tuna fishermen concerning methods to reduce dolphin mortality associated with the yellowfin tuna fishery.

In 1981 a Commission scientist, in cooperation with the U.S. National Marine Fisheries Service (NMFS), conducted a series of gastric evacuation experiments on captive tunas at NMFS's Kewalo Research Facility in Honolulu, Hawaii. This facility is the only one in the world designed to maintain live adult tunas in captivity for research purposes. The NMFS generously provided laboratory space and its staff's unique expertise in handling live tunas. This work is described in this report under the heading "Feeding and energetics studies of tunas." Also the NMFS, especially the staff at Southwest Fisheries Center in La Jolla, California, where the Commission has its headquarters, collaborated with the Commission staff throughout the year in other ways too numerous to mention here.

At the invitation of the Commission, Dr. Francis G. Carey of the Woods Hole Oceanographic Institution accompanied IATTC scientists on a chartered tagging trip aboard the tuna baitboat *Mary K.* during April-May 1981 to carry out studies of horizontal and vertical migrations of tunas by means of electronic transmitters attached to them. This work is described in this report under the heading of "Tuna tagging."

## FIELD OFFICES

In addition to its headquarters in La Jolla, California, the Commission maintains field offices in several important tuna industry centers.

An office with a permanent staff of two is maintained in Terminal Island, California. The staff members there are concerned primarily with the collection and compilation of catch and effort statistics and landing records and the measurement of tunas. They also recover tuna tags and collect such other biological, statistical, and general fishing information as is necessary.

The Commission has a similar office in Mayaguez, Puerto Rico, with two full-time employees who, in turn, employ seasonal assistance. These employees also regularly visit Ponce, the other principal tuna port in Puerto Rico.

One Commission technician is stationed in Ensenada, Baja California, Mexico's principal tuna port. He devotes most of his time to the measurement of tunas, but also collects other scientific data on the fishery.

Two technicians are stationed in Panama, where they collect logbook records of vessels which transfer their catches to freezer vessels in that country and of vessels which pass through the Panama Canal to unload in Atlantic ports or to fish in the Atlantic Ocean after having fished in the eastern Pacific Ocean. They also devote some of their time to the measurement of tunas in Panama, and travel to Puntarenas, Costa Rica, three or four times a year to collect tuna statistics there.

The Commission has two staff members in Manta, Ecuador. Ecuador's sizeable tuna industry is centered there, and Salinas, Posorja, and Guayaquil, the other three principal ports, are fairly accessible to Manta. The Commission personnel in Ecuador concentrate their effort chiefly on the collection of catch statistical data, but also devote time to measuring tunas and to studies of tuna baitfish. These staff members also collect tuna statistics in Colombia and Venezuela from time to time.

In Peru the Commission employs one full-time staff member who is stationed in Coishco. He collects catch statistical data and other biological and fishing information at Coishco, Salaverry, and Paita, the three principal tuna ports.

## **PUBLICATIONS AND REPORTS**

The prompt and complete publication of research is one of the most important elements of the Commission's program of scientific investigations. By this means the member governments, the scientific community, and the public at large are currently informed of the research findings by the commission's scientific staff. The publication of basic data, methods of analysis, and the conclusions therefrom, afford the opportunity for critical review by other researchers, insuring the soundness of the conclusions reached by the Commission's staff, as well as enlisting the interest of other scientists in the Commission's research.

The Commission publishes the research of its staff, and of cooperating scientists, in its Bulletin series. During 1981, one additional publication was issued in this series in English and Spanish:

Orange, Craig J. and Thomas P. Calkins. 1981. Geographical distribution of yellowfin and skipjack tuna catches in the eastern Pacific Ocean, and fleet and total catch statistics, 1975-1978 (Volume 18, Number 1).

One additional Commission Special Report was completed in 1981:

Special Report No. 3 — Exploratory fishing for tunas and tuna tagging in the Marquesas, Tuamotu, Society, Pitcairn, and Gambier Islands, *by* William H. Bayliff and Gary A. Hunt. 125 pp.

Four additional Commission Internal Reports were completed in 1981:

Internal Report No. 13 — Comparisons of the efficiency of purse seine nets of different designs in releasing dolphins, *by* R. Allen, R. Francis, and R. Punsly. 34 pp.

Internal Report No. 14 — Anchored raft experiment to aggregate tunas in the eastern Pacific Ocean, *by* Rafael Guillen and David A. Bratten. 13 pp.

Internal Report No. 15 — Some problems in estimating the density of dolphin populations in the eastern tropical Pacific using data collected aboard tuna purse seiners, *by* P. S. Hammond. 40 pp.

Internal Report No. 16 — Dolphins and the purse seine fishery for yellowfin tuna, *by* Robin L. Allen. 23 pp.

In addition to the above publications and reports, seven papers by staff members were published elsewhere:

Bayliff, William H. (editor). 1980. Sinopsis sobre los datos biológicos de ocho especies de Scombridae. Rev. Com. Perm. Pacífico Sur, No. 11. 3-311.

Alan J. Mearns, D.R. Young, R.J. Olson, and H.A. Schafer. 1981. Trophic structure and the cesium-potassium ratio in pelagic ecosystems. CalCOFI Rep. XXII. 99-100.

Allen, R.L. and M.D. Goldsmith. 1981. Dolphin mortality in the eastern tropical Pacific incidental to purse seining for yellowfin tuna, 1979. Rep. Int. Whal. Commn. 31, 539-540.

Hammond, P.S. and J. L. Laake. 1981. Sperm whale density in the eastern tropical Pacific. Rep. Int. Whal. Commn. 31, 761-764.

Muhlia-Melo, Arturo, Robert Olson, and William Hazen. 1980. Análisis comparativo de los parámetros de crecimiento de tres especies de bivalvos del género *Macoma* en el Pacífico Nororiental. An. Centro Cienc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Auton. Mexico, 7 (2): 291-302.

Joseph, J. 1981. Recherche thoniere et gestion des ressources thonieres dans l'océan Pacifique est. La Pêche Maritime 1245, December 1981: 685-688.

Joseph J. 1981. Biological, political and economic factors in international tuna management. In: Science, Politics and Fishing: a series of lectures, Oregon State University Sea Grant College Program. Edited by R.W. Schoning and N. Krant: 95-101.

## THE FISHERY IN 1981

### RESUME

During 1981 vessels of 17 nations (Bermuda, Canada, the Cayman Islands, Colombia, Costa Rica, Ecuador, El Salvador, Japan, Mexico, the Netherlands Antilles, Panama, Peru, Portugal, the Soviet Union, Spain, the U.S.A., and Venezuela) fished for tunas in the eastern Pacific Ocean. These vessels captured primarily yellowfin and skipjack, along with smaller quantities of other tunas. The three primary types of gear used to make the yellowfin and skipjack catches, in order of importance, were purse seine, pole and line, and longline.

Because of heavy exploitation the yellowfin fishery was under international management from 1966 through 1979, but it has not been demonstrated that there is a need to implement conservation measures for the other species of tunas taken in the eastern Pacific fishery. The area in which the yellowfin conservation program applies, referred to as the Commission's Yellowfin Regulatory Area (CYRA), is shown in Figure 1.

At its 37th meeting, held in October 1979, the Commission was unable to arrive at an agreement concerning a yellowfin conservation program for 1980; however it did subsequently agree to a quota of 165,000 short tons, but this was not implemented. At its 38th meeting, held in October 1980, the Commission's staff recommended that the quota for 1981 be set at 160,000 short tons, with provisions to increase it at the discretion of the Director of Investigations. The quota was approved, but not implemented. At its 39th meeting, held in October 1981, the Commission's staff recommended a quota of 160,000 short tons for 1982, again with provisions to increase it at the discretion of the Director of Investigations. Again the quota was approved (see above resolution), but not implemented.

During 1965 through 1981 the aggregate capacity of the international fleet for tunas in the eastern Pacific Ocean increased from 48,712 to 186,861 tons. During 1981 this fleet captured 175,877 tons of yellowfin and 123,302 tons of skipjack in the CYRA. In addition to the catch from the CYRA, purse-seine vessels fishing west of the CYRA and east of 150°W caught 25,539 tons of yellowfin and 7,695 tons of skipjack. Also 16 vessels which had participated in the CYRA fishery in 1981 also fished in the Atlantic Ocean and/or Caribbean Sea and caught 4,391 tons of yellowfin and 5,084 tons of skipjack there. Finally, 7 vessels which fished in the eastern Pacific in 1981 also fished in the western Pacific in that year; these vessels caught 5,278 tons of yellowfin and 6,249 tons of skipjack in the western Pacific.



The catch of yellowfin from the CYRA in 1980 was the lowest on record since 1971. This low catch reflected the heavy fishing in 1978, 1979, and 1980, which reduced the yellowfin stock size. In 1981 the catch was somewhat higher, 175,877 tons, but less than the catches of the 1973-1979 period. If uncontrolled fishing is allowed to continue in 1982 the stock size will be further reduced, resulting in diminished catches. This matter is discussed in greater detail under the section of this report entitled "Status of the Tuna Stocks in 1981 and Outlook for 1982."

## STATISTICS OF CATCH AND LANDINGS

Catches of yellowfin, skipjack, and bigeye from the CYRA, by the eastern Pacific tuna fleet, 1961-1981, are shown in part A of Table 1. The catch figures for yellowfin and skipjack are essentially complete except for insignificant amounts taken by some individual sport and artisanal fisheries. Surface catches of the same three species from the area west of the CYRA and east of 150°W are also shown in this part of Table 1. Longline catches of yellowfin in the CYRA are included with those of this species taken by other fishing gear in this area, but this practice is not followed in the case of other species in the CYRA. Longline catches from areas other than the CYRA are excluded from catch statistics of all species.

The eastern Pacific tuna fleet is defined here as those vessels which have fished in the CYRA all or part of the year for yellowfin, skipjack, or bluefin. Some of these vessels, such as the larger seiners and baitboats, fish almost exclusively for these species whereas others, particularly the smaller vessels, may spend most of the year fishing for other species of tunas. For example, most of the jig (troll) vessels on the U.S. west coast normally fish for albacore, but may enter the tropical tuna fishery when albacore fishing is poor. Also some vessels which are outfitted primarily for fishing species other than tunas occasionally change their fishing gear temporarily to participate in the fishery for yellowfin, skipjack, or bluefin. For example, some small seiners which normally carry nets designed to fish for anchovies, sardines, or mackerel sometimes rig their vessels temporarily to fish for tunas. When these smaller vessels are fishing for albacore, bonito, black skipjack, or species other than tunas, the Commission includes their catches in its statistical system only if some part of their catch for the year consists of yellowfin, skipjack, or bluefin from the CYRA.

The catches of other tunas (bluefin, bonito, albacore, and black skipjack) taken by the eastern Pacific tuna fleet in the eastern Pacific are shown in part B of Table 1. The bluefin and albacore totals do not include catches of these species made by longliners; also it should be kept in mind that substantial amounts of bonito, albacore, and black skipjack are taken by sportsmen and/or by vessels which are not considered part of the eastern Pacific tuna fleet. For example, in 1981 the total catch of albacore taken by the U.S. surface fleet in the eastern Pacific was about 15,000 tons, of which the eastern Pacific tuna fleet (defined above) landed only 593 tons.

The catches of yellowfin, skipjack, and bigeye taken by the eastern Pacific tuna fleet in the western Pacific and Atlantic Ocean are shown in Table 1, part B. These figures, of course, represent only a small fraction of the total amount of these species taken in these two areas because other fleets fish there also.

The preliminary estimate of the yellowfin catch from the CYRA in 1981 of 175,877 tons is 28,881 tons above the 1980 CYRA catch and 12,385 tons below the average annual catch of the previous five years. Included in the CYRA catch are 9,848 tons of yellowfin that were taken from the experimental fishing areas outlined in Figure 1.

The preliminary estimate of the skipjack catch from the CYRA is 123,302 tons, 1,484 tons below that recorded during 1980 but 15,157 tons below the average catch during the previous five years. The CYRA skipjack catch includes 6,443 tons captured in the experimental areas.

The preliminary estimate of the combined yellowfin and skipjack catch from the CYRA in 1981 of 299,179 tons is 27,397 tons above the catch in 1980 but 27,542 tons below the average of the previous five years.

The preliminary estimates of the yellowfin and skipjack catches from the area between the CYRA boundary and 150°W in 1981 are 25,539 tons and 7,695 tons respectively, a combined total of 33,234 tons, which is 15,467 tons below the 1980 catch and 1,586 tons above the average annual catch for the previous five years.

The combined catch of all the species from all ocean fishing areas shown in Table 1 (375,710) during 1981 was 7,525 tons above that of 1980 but 32,547 tons below the average for the previous five years.

The annual catches of yellowfin, skipjack, and several other tunas from the CYRA and in the area immediately west of the CYRA by the eastern Pacific fleet are shown in Table 2, by the flag of vessels that captured the fish. The distribution of the catch among flags changed considerably during 1981 compared to 1980. Using the 1980 total catch of all species as a base of comparison, the following increases in catch volume are noted: Mexico (+97%), Spain (+82%), British (+48%), Panama (+13%), Ecuador (+8%), Costa Rica (+6%) and Venezuela (+4%). The following nations caught less: Netherlands Antilles (-86%), Bermuda (-55%), the U.S.A. (-7%) and Peru (-3%). (The comparison includes only those nations whose vessels caught a combined total of 3,000 tons or more.)

The geographical distribution of the 1981 logged yellowfin catches made by purse seiners in the eastern Pacific Ocean is shown in Figure 2. About 30% of the CYRA yellowfin catch was taken north of 20°N. The largest catch was taken in the 5-degree area 0-20-105, where about 16% of the CYRA yellowfin catch was taken. The yellowfin catch in the offshore area west of Central America was fairly

high, as about 45% of the CYRA catch was taken between the equator and 15°N. About 22% of the CYRA yellowfin catch was taken south of the equator. The distribution of the catch west of the CYRA (east of 150°W) was mainly from about 126°W to 141°W, between about 2°N and 14°N. The catch in this area during 1981 had a wider north-south distribution than during most years.

The geographical distribution of the 1981 logged skipjack catches is shown in Figure 3. About 52% of the catch of this species was taken between the equator and 15°N, mostly in the offshore areas, about 33% was taken north of 15°N, and 15% was taken south of the equator. Two rather major areas of skipjack catches were evident in 1981, one from about 6°N to 13°N between about 92°W and 109°W, and the other from about 12°N to 26°N between about 108°W and 116°W. The skipjack catch from west of the CYRA but east of 150°W was well below the amount taken during 1980, but is the second highest catch from this area since the fishery began in 1968.

The logged catches (purse-seine and baitboat combined) of yellowfin and skipjack taken during unregulated and regulated trips in the CYRA are shown in Table 3 by six latitudinal areas for 1977–1981. Catches made in the experimental fishing areas during these years are excluded from the CYRA catches. Since there were no regulations in 1980 and 1981, the 1980 regulated data are from regulated trips that began during 1979 and ended in 1980. The most important yellowfin area in the CYRA during 1981 was north of 20°N, where about 30% of the annual logged catch was recorded; 28% of the combined yellowfin and skipjack catch was recorded from this area. The most important area for skipjack was from 5° to 15°N where about 43% of the catch of this species was taken. The skipjack catch south of the equator increased during 1981 from the 1978–1980 level, but remained well below the amounts taken from this area during the 1960's and parts of the 1970's.

## THE TUNA FLEETS OF THE EASTERN PACIFIC OCEAN

The Commission maintains records of gear, flag, and tuna carrying capacity for most of the vessels that catch yellowfin, skipjack, or bluefin in the eastern Pacific Ocean. Records are not maintained for individual longline vessels nor for small craft such as canoes or launches.

Vessels are grouped by size class based on the carrying capacity of tunas as follows: Class 1, less than 51 tons; class 2, 51-100 tons; class 3, 101-200 tons; class 4, 201-300 tons; class 5, 301-400 tons; and class 6, 401 or more tons. The landing records of each vessel are reviewed annually and carrying capacities are revised when necessary. Owners' and builders' estimates of capacity are used for new vessels. For small day-trip baitboats and some jigboats, the capacity stated by the owners or captains is used or, if registered net tonnage is known, the carrying capacity is estimated from the relationship of these two values for vessels of the same type. If no information is available a capacity of 25 tons is assigned to the

vessel. Vessels which sink or leave the fishery after having fished in the eastern Pacific during the year are included in the fleet for that year. Vessels which change flag are listed under the new flag if a fishing trip is started under the new flag during the year.

The number of vessels and carrying capacity of the 1981 eastern Pacific tuna surface fleet are shown in Table 4 by flag, gear, and size class. During 1981 only one jigboat was active. This vessel, of U.S. flag, is grouped with the baitboats. During 1981 vessels of 16 nations or dependencies participated in the eastern Pacific surface fishery (the 15 in Table 4 plus Colombia). Colombia is omitted from the table because her catch is made by small vessels for which the Commission does not keep records. In terms of capacity the 1981 fleet was composed of 98.3% seiners, 1.6% baitboats, and less than 0.1% bolicheras. In terms of number of vessels, seiners made up 85.1%, baitboats 13.9%, and bolicheras 1.0%.

The fleets of the Cayman Islands, Panama, Spain, the U.S.A., and Venezuela increased in capacity in 1981 while those of Costa Rica, Ecuador, Mexico, the Netherland Antilles, and Peru decreased in capacity. There was no change in the capacities of the fleets of Bermuda and Canada. New Zealand and the Republic of Korea had vessels in the surface fleet in 1980 but not in 1981, and El Salvador, Portugal, and the U.S.S.R. had tuna purse seiners operating in the eastern Pacific for the first time in 1981. The changes in capacity of the flag fleets were small compared to 1980, although a large number of vessels were involved. The fleet showing the largest increase in capacity was that of the Cayman Islands, which gained 2,211 tons. The fleet of Peru had the greatest loss, over 4,000 tons, due to several vessels becoming inactive in 1981. The fleet of Mexico, which had added over 20,000 tons in 1980, declined by 1,431 tons in 1981. The addition of three new class-6 seiners and four class-6 seiners through flag changes was offset by the loss of seven class-6 seiners through flag changes. These seven vessels had originally fished under the U.S. flag, had changed to Mexican flag and then changed back to the U.S. flag in 1981. The capacity of the U.S. flag fleet increased by 1,605 tons in 1981. Five new class-6 seiners were added, and one old class-6 seiner returned to the fleet. Eight class-6 seiners were added through flag changes (the seven from Mexico plus one from the Cayman Islands). On the loss side, one class-6 seiner changed to Venezuelan flag and nine class-6 seiners were removed from the fleet because they operated the entire year in the western Pacific.

The number of vessels and the carrying capacity of the international surface fleet which fished in the eastern Pacific Ocean each year between 1965 and 1981 and the change in capacity from the previous year are shown below:

Year	No. of vessels	Capacity	Change in capacity
1965	282	48,712	
1966	250	46,305	- 2,407
1967	244	46,488	+ 183
1968	265	58,125	+ 11,637
1969	264	63,656	+ 5,531
1970	285	73,822	+ 10,166
1971	358	95,569	+ 21,747
1972	379	120,942	+ 25,373
1973	358	139,568	+ 18,626
1974	336	152,581	+ 13,013
1975	335	169,420	+ 16,839
1976	397	184,864	+ 15,444
1977	365	183,298	- 1,566
1978	367	186,791	+ 3,493
1979	321	186,329	- 462
1980	321	189,426	+ 3,097
1981	289	186,861	- 2,565

The total capacity of the eastern Pacific surface fleet has remained fairly constant since 1976 as new construction has been nearly balanced by vessels leaving the fishery and sinkings. At present there are many large tuna seiners under construction or on order, but it is not possible to predict accurately how many new vessels will be added to the eastern Pacific tuna fleet or when they will begin fishing.

During January through August 1981 the number of Japanese longliners operating in the CYRA ranged between 24 and 57. In addition to these vessels there were seven Mexican-flag and about the same number of Korean-flag longliners operating out of Ensenada, Mexico. There were also one Japanese-flag and four Panamanian-flag longliners operating out of Ecuadorian ports. In the future we hope to obtain daily catch and effort data and unloading weights from the Mexico- and Ecuador-based vessels. We presently receive monthly catch data from the Japanese vessels.

#### **EXPLORATORY FISHING IN FRENCH POLYNESIA AND THE PITCAIRN ISLANDS**

At the Commission's 30th meeting, held in October 1974, the Commissioners approved a program to learn more about the relationships of skipjack of various parts of the eastern and central Pacific Ocean by means of tagging and sampling in the Marquesas Islands for a period of about 2 years, commencing during 1977. This project is now completed. In addition to the activities in the Marquesas Islands, some work was also done in the Tuamotu, Society, Pitcairn, and Gambier Islands. Some of the results of the tagging have appeared in the Commission's annual reports for 1977 through 1980, but little mention has been made of the staff's findings in regard to abundance and availability of baitfishes and tunas. A detailed report (IATTC, Special Report No. 3), which discusses both the scientific and exploratory fishing results, was completed in 1981. A summary of the exploratory fishing results is given here.

The principal bait species caught in the Marquesas Islands is the Marquesan sardine, *Sardinella marquesensis*. The only locations where sardines can be consistently caught appear to be Taiohae, Controleur, and possibly Anaho and Tai Oa Bays, all on the island of Nuku Hiva. U.S. National Marine Fisheries Service (NMFS) biologists, who conducted exploratory fishing work in the Marquesas Islands during the 1950's, concluded that their operations had greatly reduced the abundance of sardines in Taiohae Bay. The catches per unit of effort of sardines seemed to decrease with time in the various bays of Nuku Hiva during the Tuna Commission-South Pacific Commission (SPC) survey of 1979-1980, but it is not certain that the populations were significantly reduced because fishing was conducted for only a short period. Also large predatory fish seem to learn that baitfish accumulate around the lights which are used to attract the fish at night, so they also congregate around the lights, driving the baitfish away and decreasing the catches per unit of effort.

It is difficult to assess the abundance of tunas from the results of the NMFS, IATTC, and SPC surveys because different types of vessels were used, the data were recorded in different ways, and relatively little work was done during the southern winter. NMFS biologists have stated that skipjack are more abundant in the Marquesas Islands during the southern summer, and data collected by the Tuna Commission indicate that the abundance of that species tended to decline from January to May 1979. The variability of the latter data is high, however, so not much reliance should be placed on it.

The commercial fishing potential of the Marquesas, Tuamotu, and Society Islands relative to other areas can be evaluated by comparing the results obtained by the same boats or similar boats fishing in the same way in the areas in question and in other areas. The only data suitable for this purpose are those collected by the SPC's Skipjack Survey and Assessment Programme, which are the result of nearly 3 years of fishing by two similar chartered Japanese vessels. These results are published by the SPC in a series of Interim Reports. Two indices of commercial fishing potential were selected, numbers of schools sighted per hour of fishing and numbers of fish tagged per hour of fishing. Each of these indices, if other information is not considered concurrently, has severe deficiencies. The first does not take into account the species compositions or sizes of the schools or the relative ease with which the fish could be caught, and the second does not take into account whether the vessel had sufficient bait, or any at all, the size of the fish, or the portion of the fish caught which were tagged. When both indices are examined together considerably more insight regarding the relative commercial fishing potential of skipjack and yellowfin in the various areas is possible. It appears from these data that the commercial fishing potential is somewhat better than average in the Marquesas Islands and about average in the Tuamotu Islands and the Society Islands. Two factors which affect the results in the areas considered in this study are immediately apparent. First, the Marquesas Islands surveys were conducted only during December and January, which is thought to be the time of year when fishing is best in that area. Second, a considerable

portion of the time in the Tuamotu Islands during 1980 was spent in poor fishing areas while traveling to and from the Pitcairn and Gambier Islands. If fishing had been conducted only in the northwestern Tuamotu Islands the results there would have been much better. Further analysis of the results in the various areas is not appropriate in this report, as the data were collected by the SPC, and are to be analyzed in detail by that organization.

Most of the schools seen in French Polynesia were associated with birds, but occasionally, especially on calm days, breezing or boiling schools were seen. These schools were usually fast moving, and tended to change direction suddenly. In the Marquesas Islands fishing tended to be better in the afternoon, particularly after about 3:00 p.m., than in the morning.

## RESEARCH IN 1981

### ABUNDANCE OF TUNAS AND SUCCESS OF FISHING

#### Recent trends in the catch per standard day's fishing

The catch per standard day's fishing (CPSDF) is used by the Commission's staff as an index of relative apparent abundance of yellowfin and skipjack, as well as an index of relative fishing success. The CPSDF is calculated from logbook records which are collected from most of the vessels fishing for tunas in the eastern Pacific Ocean. The CPSDF is influenced by temporal and spatial changes in availability of the fish, as well as variability in the distribution and fishing effort. Some of these changes can be estimated and adjusted for; the others are assumed to average out over the long term. Since the early 1960's the major share of the yellowfin and skipjack catch has been taken by purse seiners; therefore the CPSDF of these vessels is the principal index used to examine trends in relative apparent abundance.

The CPSDF (short tons) for yellowfin and skipjack by month, for 1960–1981, in the CYRA is shown in Figures 4 and 5. Annual estimates of the CPSDF are represented by solid horizontal lines. The values for 1981 are preliminary.

#### *Yellowfin CPSDF*

Until 1966 there was no restriction on yellowfin catch in the CYRA, and all logbook records which met certain criteria for species composition and accuracy were used to calculate the CPSDF. From 1966 to 1980, when regulations restricting yellowfin catch were in effect, only data from unregulated trips were used to calculate the CPSDF. Beginning in 1962, the CPSDF has been adjusted for changes in the portion of the sets which are successful to correct for changes in gear efficiency.

The annual CPSDF was highest in 1960 at the time when purse seining first became the dominant method of fishing. The CPSDF declined sharply in 1961 and 1962, and the 1963 value was nearly the same as that of 1962. In 1964 the CPSDF increased substantially, but it declined again in 1965 nearly to the level of 1962–1963. In 1966 the CPSDF increased and this upward trend continued in 1967 and 1968 as the fishery expanded further offshore. It did not, however, reach the level of 1960. The CPSDF remained near the 1968 level in 1969 and 1970. In 1971 the CPSDF declined, but it returned to the level of 1968–1970 in 1972. In 1973 the CPSDF declined, and the decline continued until 1980 when the annual CPSDF reached the lowest point for the series of years which began in 1960. In 1981 the CPSDF increased for the first time since 1976, but the value is still the second lowest in the series.

The annual values of the CPSDF are calculated using all of the unregulated catch and effort data for each year. From 1967 through 1976 the amount of unregulated effort was greatly reduced in the last half of the year because the yellowfin closure date occurred fairly early in the year. Before 1966 there was no restriction on yellowfin fishing and beginning in 1977 the amount of unrestricted effort in the last half of the year began to increase due to the relatively late closure of unregulated yellowfin fishing. In 1980 the only regulated effort was from trips which started in late 1979 and continued into 1980. In 1981 no regulations were in effect. As the early part of the year is the season when yellowfin apparent abundance is usually highest, as can be seen from the monthly CPSDF for 1960–1965 in Figure 4, it is possible that the annual yellowfin abundance has been overestimated for 1967–1977, when most of the annual effort was concentrated in the months when CPSDF is usually highest. To examine this the CPSDF has been calculated from catch and effort data for the first four months of each year; these values are represented by the horizontal dashed lines in Figure 4. The January–April values of the CPSDF are considerably higher than the annual values in 1960–1965, before yellowfin regulation. In the years when yellowfin regulations were in full effect the annual values and the January–April values are much closer together. This indicates that the annual values for 1967 through 1977 may be overestimated in comparison to those of earlier years. However, beginning in 1977 when the unregulated period began to lengthen, the annual CPSDF and the January–April CPSDF remained fairly close in value. The monthly CPSDF's were unusual in 1981 in that the values were low early in the year and high in June, July, and September.

#### ***Skipjack CPSDF***

The monthly and annual CPSDF's for skipjack for 1960–1981 are shown in Figure 5. In most years between 1960 and 1973 the CPSDF was highest in the middle of the year and lowest at the beginning and end of the year. In recent years, however, the seasonal fluctuation of the CPSDF has varied from year to year. The annual CPSDF has been highest in 1963, 1967, 1971, and 1978. Low points occurred in 1960, 1961, 1970, 1972, 1973, and 1977. In 1981 the annual CPSDF was up slightly from the values of 1979 and 1980 and near the average for recent years.



### **Catch per ton of carrying capacity**

The catch per ton of carrying capacity (CPTCC) serves as an index to examine trends in relative gross return for different sizes of vessels from year to year. The CPTCC is the quotient of the total catch of all vessels within a size class divided by the total tons of carrying capacity within that size class. This is done for each species caught and for all species combined. The vessels used include all purse seiners of the international CYRA fleet of 101 or more tons of carrying capacity which have fished unregulated in the CYRA each year. The vessels have been grouped into the following size classes: Class 3, 101-200 tons; class 4, 201-300 tons; class 5, 301-400 tons; class 6, 401-600 tons; class 7, 601-800 tons; class 8, 801-1,000 tons; class 9, 1,001-1,200 tons; class 10, 1,201 tons and above.

The CPTCC for 1972–1981 is shown in Table 5 by size class and for all size classes combined for yellowfin, skipjack, other species and for all species combined. “Other species” includes bigeye, bluefin, bonito, albacore, black skipjack and small amounts of three or four other species. The figures for 1981 are preliminary. The 1981 yellowfin CPTCC for all size classes combined is 1.09, up slightly from the 1980 value of 0.96, the lowest value of the series which began in 1961. The 1981 CPTCC for skipjack is 0.72 which is somewhat below the average of recent years. The 1981 CPTCC for all size classes, all species combined, is 1.90, slightly below the 1980 value of 1.91 which was the previous low in the series. The 1981 CPTCC, all species combined, was highest for size class 4 (2.73) and lowest for size class 8 (1.47).

### **Standardization of catch rates**

The catch rate index that is currently used by the Commission, the CPSDF, uses days fishing as the measure of effort, and standardizes the effort of vessels with different capacities using a ratio procedure. In this study fishing effort has been defined as the elapsed time between successful sets, and the catch rates have been standardized for a range of vessel characteristics, environmental conditions, and fishing modes, using a generalized linear model.

The vessel characteristics used were vessel capacity (0-499 tons, 500-999 tons, and 1000 tons and over), vessel speed, vessel age, whether or not aerial assistance was available, and net length and depth. The environmental variables were sea-surface temperature and wind speed. Catch rates were calculated using continuous data for each fishing trip within each 5° area and each month. These catch rates were treated as individual observations and classified by area (inside or outside the CYRA), quarters of the year, vessel capacity, and fishing mode.

Fishing mode was determined by the proportion of sets of different type within each 5° area-month. It was defined as “dolphin” if two-thirds or more of the catch of yellowfin and/or skipjack was taken from sets associated with dolphins or “school fish and log” if two-thirds or more of the catch was from school fish or log sets. Because some categories in the final classification had few

or no observations, for example 5° area-months where neither fishing mode type predominated, only three combinations of area and fishing mode were used in the linear model. These were school fish and log strata inside the CYRA, dolphin strata inside the CYRA, and dolphin strata outside the CYRA.

The effects of these parameters on the logarithm of catch rates of yellowfin were investigated using data from 1970 to 1981. The data for 1981 are not yet complete, and consequently the estimates are provisional. After the variables which did not have important effects were eliminated, the analysis of variance shown in Table 6 was obtained.

After adjusting for the effect of each of the significant factors, the apparent abundance for each of the three principal combinations of area and fishing mode was calculated. These are shown in Figure 6.

All three panels in Figure 6 show a decline in catch rate since 1970, the most marked being for schoolfish and log strata inside the CYRA, which in 1980 was only 25 percent of its value in 1970. The pattern of the decline has been different for each stratum type; dolphin strata inside the CYRA have shown a fairly consistent decline since 1970, whereas outside the CYRA the catch rate in dolphin strata did not decline until after 1973. Exploitation of the outside area did not start until the late 1960's, and it was not until 1972 that the catch reached 40,000 tons. The large drop in catch rate in school fish and log strata in 1971 and the subsequent recovery in 1972 was too large a fluctuation to be caused only by changes in abundance. It is most likely that this shows a change in vulnerability that was not associated with the standardizing factors used in the model.

### **Skipjack age groups and indices of abundance**

A linear growth rate of 17.4 cm/year for skipjack from the eastern Pacific had been estimated from modal progressions in 1976. Estimates of growth from tagging data are regarded as more reliable than those from modal progressions. Preliminary estimates of linear growth of skipjack from tagging data range from 17.2 to 33.0 cm/year. The numbers of skipjack in each age group therefore were recalculated using growth rates of 24 and 32 cm/year, in addition to those already calculated using a rate of 17 cm/year, in order to span the range obtained from the tagging data. Rates of 24 and 32 cm/year were selected as easily divisible into quarters of the year. Fork lengths used to assign skipjack to age groups according to the three rates of linear growth are given in Table 7. Age-0+ fish are those assumed to be less than 12 months old, age-1+ fish are those assumed to be between 12 and 24 months old, and age-2+ fish are those assumed to be older than 24 months.

The length-frequency distributions of skipjack in the eastern Pacific appeared to change after 1970, so the mean proportions of the number of fish in each age-group were calculated separately for the 1961-1970 and 1971-1979 periods. The

mean proportions for the two periods calculated according to the three growth rates are as follows:

Growth rate (cm/year)	1961-1970			1971-1980		
	0 +	1 +	2 +	0 +	1 +	2 +
17	0.061	0.833	0.106	0.117	0.615	0.268
24	0.037	0.886	0.077	0.087	0.703	0.210
32	0.024	0.916	0.060	0.072	0.768	0.160

During the latter period there were smaller proportions of age-1+ fish and greater proportions of age-0+ and age-2+ fish than during the earlier period.

The proportions of age-1+ fish were 26, 21, and 16 percent lower for growth rates of 17, 24, and 32 cm/year, respectively, in the later period than in the earlier period. The causes of these differences have not yet been investigated, but it is possible that more age-0+ and age-2+ fish have been caught in the expanded areas of the fishery during the later period. It is apparent that increasing the growth rate in the age-group calculations increases the proportion of age-1+ fish and decreases the proportions of the younger and older fish.

In an attempt to obtain estimates of skipjack abundance less biased by effort predominantly on yellowfin, only data from 22 5-degree areas where most of the skipjack has been caught were used. Catch and effort data used were limited to those area-quarter strata with a minimum of 100 days of logged effort by purse seiners standardized to Class-3 days and a minimum of 200 tons of logged skipjack catch by purse-seiners. For the 1961-1979 period this method eliminated an average of 43 percent of the effort while retaining 89 percent of the skipjack catch in the 22 areas.

In 1980, however, the method failed because little skipjack was caught in the traditional 16 areas south of 15°W, and though 42 percent of the effort was eliminated for all of the 22 areas only 65 percent of the skipjack caught in those areas was retained by this method. Not only was 47 percent of the catch of skipjack in the CYRA caught north of 15°N, but over 19,000 tons were also caught outside the CYRA where catches of skipjack are usually much less.

Plotting the annual usable logged catch from the 22 areas against the total annual catch for all areas east of 150°W shows a high correlation, with the exceptions of 1980 when the 22-area catch falls far below the plots of the other years, and of 1977 when it falls moderately below the other plots. During 1980 much of the skipjack caught outside the 22 areas was caught in 9 5-degree areas between 5°N and 15°N, and between 105°E and 140°W. Adding the usable logged catch of 32,500 tons from these 9 areas to that of 55,800 tons from the 22 areas brings the usable logged catch for 1980 in line with the other plots. Similarly, adding the usable logged catch of 8,100 tons in the three areas outside the 22 areas to that of 38,900 tons from the 22 areas brings the usable logged

catch for 1977 in line with the other plots. Preliminary data for 1981 also show that a greater than usual amount of skipjack was caught outside the 22 areas. No explanation has yet been proposed for these increased catches outside the traditional skipjack fishing areas.

While the method of estimating CPUE on skipjack for the entire fishery from selected data in the traditional 22 5-degree areas is regarded as moderately successful in eliminating much of the effort predominantly on yellowfin, it is questionable for these two years because of excluding large amounts of skipjack caught outside the 22 areas. It seems more reasonable to include the data in the 9 outside areas in 1980, and in the 3 outside areas in 1977 in calculations of catch rates (number of fish per day) and of CPUE (tons per day) because of the large amounts of skipjack caught there than, for consistency, to maintain the use of data from the 22 areas only and to disregard the large catches outside those areas during these anomalous years. Obviously the method needs modification: the use of all 5-degree areas in a year with the minimum effort and skipjack catch per quarter, regardless of location, is being considered for future calculations of catch rates and CPUE on skipjack.

## POPULATION STRUCTURE AND MIGRATIONS

### Tuna tagging

In March, April, and May of 1980 a tagging cruise was conducted off Central America aboard the chartered baitboat *Sarah Ann*. The principal purpose of this cruise was to learn more about the migrations of the small yellowfin and skipjack in this area and to estimate to what extent they contribute to the catches of fish further offshore. In addition, a portion of the fish were to be marked with tetracycline, providing a replicate of the tetracycline experiments initiated in 1976 and 1979. Bait was caught in the Gulf of Panama with the permission of the Panamanian government. The results to date are as follows:

Area	Date	Species	Released	Returned		
				1980	1980	?
off Guatemala	March	black skipjack		0 25	0	0
off Costa Rica-Panama	April	yellowfin	1,235	78	12	8
		skipjack	1,798	91	6	4
		black skipjack	28	0	0	0
off Nicaragua	April	yellowfin	104	20	1	1
		skipjack	20	0	0	0
		black skipjack	16	0	0	0
Totals		yellowfin	1,399	98	13	9
		skipjack	1,818	91	6	4
		black skipjack	69	0	0	0

The return rates for this cruise were considerably less than those for a similar cruise initiated during the same time of the year in 1979. Most of the recaptures of tagged fish from the 1979 cruise had been made off Colombia and Ecuador in the

same year; during most of 1980 the fishing was poor in that area, which may account for the difference. The areas of recapture of the yellowfin and skipjack tagged and released off Costa Rica and Panama are shown in Figures 7 and 8.

In October and November of 1980 the baitboat *Mary K.* was chartered to attempt to catch large yellowfin (greater than about 80 cm) and large skipjack (greater than about 55 cm), inject tetracycline into them, tag them, and release them.\* The purposes of this experiment are explained in the section of the Commission's 1980 annual report entitled "Studies of age of yellowfin and skipjack." The results to date are as follows:

Area	Date	Species	Size	Treatment	Released	Returned		
						1980	1980	?
Baja California	Oct.	YF	small	—	1	0	0	0
Isla Socorro	Oct.	YF	small	—	22	1	2	0
		YF	small	tetracycline	1	0	1	0
Hurricane Bank	Oct.	YF	small	—	102	4	6	40
		YF	small	tetracycline	146	4	5	56
		YF	large	tetracycline	1	0	0	0
		SJ	small	—	1	0	0	0
		SJ	small	tetracycline	2	0	0	0
Isla San Benedicto	Oct.-Nov.	YF	small	—	187	21	45	2
		YF	small	tetracycline	2	0	0	0
		YF	large	tetracycline	105	16	56	1
Roca Partida	Oct.-Nov.	YF	small	—	93	13	8	3
		YF	small	tetracycline	57	11	5	2
		YF	large	tetracycline	2	1	0	0
		SJ	small	—	68	29	1	12
		SJ	small	tetracycline	36	13	0	3
		SJ	large	tetracycline	144	70	1	15
Isla Clarion	Nov.	YF	small	—	6	0	0	1
		YF	small	tetracycline	86	9	26	5
		YF	large	tetracycline	429	48	109	14
Totals		YF	small	—	411	39	61	46
		YF	small	tetracycline	291	24	36	63
		YF	large	tetracycline	538	65	166	15
		SJ	small	—	69	29	1	12
		SJ	small	tetracycline	28	13	0	3
		SJ	large	tetracycline	144	70	1	15

A preliminary analysis of the data indicates the following growth rates: length at release 801-900 mm, 1.14 mm per day (58 fish); length at release 901-1000 mm, 1.28 mm per day (54 fish); length at release 1001-1100 mm, 1.07 mm per day (5 fish); length at release 1101-1200 mm, 0.83 mm per day (4 fish).

In March, April, and May of 1981 a tagging cruise was conducted off northern

\*License 242-654 and an extension, 242-754, were obtained from the Departamento de Pesca of Mexico for this cruise.

South America, Central America, and Clipperton Island aboard the chartered baitboat *Mary K*. The purposes of this cruise were essentially the same as those of the cruise conducted aboard the baitboat *Sarah Ann* the previous year, except that two new areas of release, northern South America and Clipperton Island, were added, and sonic tagging experiments were conducted.

A new cradle system was designed and constructed for this cruise. Essentially fishermen at the port stern corner of the boat catch the fish and deposit them into troughs constructed of fabric on pipe frames. The troughs slope toward three cradles, one on the port side of the boat and two at the stern, so the fish slide from the location where they are caught toward the cradles. Assistants at the cradles unhook the fish, when this is necessary, and push them into the cradles head first and one at a time. After the fish are tagged they are thrown overboard (at two cradles) or lifted into a chute (at the third cradle). The principal advantages to this system are: (1) the fishermen have a larger target in which to deposit the fish; (2) the proportions of fish going to each cradle can be easily regulated; (3) the cradles are well removed from the fishing position, which makes the operation more efficient in several ways.

Bait was caught in the Gulf of Panama with the permission of the Panamanian government.

The results to date from this cruise are as follows:

Area	Date	Species	Treatment	Released	Returned
Gulf of Panama	March	YF	—	1	1
Ecuador	March-April	YF	—	451	189
		SJ	—	424	144
		BSJ	—	1	0
Colombia	April	YF	—	160	46
		SJ	—	240	34
		BSJ	—	14	2
Costa Rica-Panama	April	YF	—	694	345
		SJ	—	1,298	210
		BSJ	—	632	69
Gulf of Panama	April	YF	—	639	82
		YF	tetracycline	47	5
		SJ	—	220	18
		SJ	tetracycline	1	0
		BSJ	—	33	0
Central America to Clipperton Island	May	SJ	—	12	0
Clipperton Island	May	YF	—	1,548	39
		YF	tetracycline	429	11
		SJ	—	8	0
		BSJ	—	139	0
		BSJ	tetracycline	27	0

Totals	YF	—	3,493	702
	YF	tetracycline	476	16
	SJ	—	2,190	406
	SJ	tetracycline	1	0
	BSJ	—	819	71
	BSJ	tetracycline	27	0

The areas of recapture of the yellowfin and skipjack tagged and released in the Costa Rica–Panama area are shown in Figures 9 and 10. During the period of late September–early December 1981 10 yellowfin and 2 skipjack which had been released off Costa Rica–Panama and 1 yellowfin which had been released in the Gulf of Panama were recaptured off the Gulf of Guayaquil.

Of the yellowfin released in the vicinity of Clipperton Island, 22 were recaptured in the same general vicinity or east of it, 3 were recaptured around the Revillagigedo Islands, 15 were recaptured north of 20°N, 1 was recaptured south of the equator, and there are insufficient recapture data for 4 of them.

Sonic transmitters were attached to four yellowfin, two in the Gulf of Panama and two at Clipperton Island. These transmitters relayed information back to the boat on the position of the fish and their depths. Vertical temperature profile data were collected simultaneously with expendable bathythermographs. Some of the details of the tracking are listed in Table 8. Three of the four yellowfin tracked spent the major portion of the time in the thermocline, often at the depth of the steepest thermal gradient. They made frequent excursions through the thermocline into the mixed layer and infrequent dives below the thermocline, but always returned to a reference point in the thermocline. The temperature and oxygen concentration at that depth in the Gulf of Panama was about 20°C and 40–60% of surface saturation. The only fish of the four to deviate from this pattern was associated with a school of spotted dolphins at the time of tagging. This fish stayed above the thermocline in the mixed layer except for three dives through the thermocline to a maximum depth of 60 meters. One of the most interesting findings was the great depth to which the third fish descended. The temperature at that depth was about 9°C (48°F) and the oxygen partial pressure is assumed to have been quite low. The results of these experiments are expected to be of considerable value to both scientists and fishermen.

In October–November of 1981 the *Mary K.* was chartered for another tagging cruise.\* The two principal purposes of this cruise were to tag yellowfin off the southern coast of Mexico and to tag yellowfin, skipjack, and black skipjack off Clipperton Island. Some of these fish were to be injected with tetracycline for studies of their growth. The secondary purpose was to catch yellowfin, particularly fish larger than about 80 cm in length, in the Revillagigedo Islands–Hurricane Bank area, tag them, and inject them with tetracycline before releasing them. The results to date are as follows:

\*License 240-210 and an amendment 242-0069, were obtained from the Departamento de Pesca de Mexico for this purpose.

Area	Date	Species	Treatment	Released	Returned
Clipperton Island	October	yellowfin	—	1,057	0
		yellowfin	tetracycline	12	0
		skipjack	—	51	0
		black skipjack	—	407	1
southern Mexico	November	yellowfin	—	69	0
Clipperton Island	November	yellowfin	—	25	0
		yellowfin	tetracycline	181	0
		black skipjack	—	5	0
Hurricane Bank- Clarion Island	November	yellowfin	—	125	23
		yellowfin	tetracycline	133	28
Totals		yellowfin	—	1,276	23
		yellowfin	tetracycline	326	28
		skipjack	—	51	0
		black skipjack	—	412	1

The Fisheries Research and Development Agency of the Republic of Korea has been distributing tags to crew members of Korean longline vessels during the past several years so that viable undersized tunas can be tagged before they are returned to the sea. An extremely interesting return was received from one of these during 1981; the data are as follows:

Release			Recapture			Days free	Net dis- tance (nm)
Date	Area	Length (cm)	Date	Area	Length (cm)		
Jul.22, 1978	4°05'N- 159°15'W	79 (21 pounds or 9 kg)	Aug.29, 1981	17°38'N- 117°48'W	unknown (est.160 pounds or 73 kg)	1,135	2,567

This is the first record of a yellowfin tagged and released west of 150°W being recaptured in the eastern Pacific. It should be pointed out, however, that few yellowfin have been tagged and released west of 150°W, especially in the northern hemisphere, where such releases are nearer to the principal fishing areas of the eastern Pacific. Furthermore, no yellowfin tagged and released in the eastern Pacific has been recaptured west of 150°W. This is not surprising, however, in view of the fact that most of the yellowfin tagged in the eastern Pacific have been small, the mortality rate of this species is high, and the principal fishery for yellowfin in the northern hemisphere between 150°W and 180° is the longline fishery which is directed toward larger, older fish.

In January 1981 U.S. National Marine Fisheries Service personnel conducting an albacore longlining survey offshore off Southern California tagged four jig-



caught skipjack with Tuna Commission tags and released them. One of these has been recaptured; the data are as follows:

Release			Recapture			Days free	Net distance (nm)
Date	Area	Length (cm)	Date	Area	Length (cm)		
Jan.17, 1981	32°35'N-125°30'W	50	May 10, 1981	22°51'N-110°43'W	65.5	114	997

This is the most northwesterly release of a tagged skipjack in the eastern Pacific Ocean which has been returned.

The Commission's fourth tagging and exploratory fishing cruise to French Polynesia and the Pitcairn Islands is described in the Commission's annual report for 1980. The following returns, of more than routine interest, were received in 1981:

Species	Release			Recapture			Days free	Net distance (nm)
	Date	Area	Length (cm)	Date	Area	Length (cm)		
SJ	Dec.12, 1979	10°29'W-141°11'W	49	Feb.28, 1981	2°37'N-171°52'W	64.5	435	1,994
SJ	Jan.11, 1980	8°56'S-140°17'W	50	1981	0°22'N-175°28'W	?	?	2,175
SJ	Jan.14, 1980	9°11'S-140°06'W	50	Mar.2, 1981	2°06'N-168°59'W	?	414	1,851
YF	Feb.4, 1980	24°54'S-130°03'W	75	Dec.16, 1980	14°37'S-90°50'W	120	317	2,290
YF	Feb.4, 1980	25°00'S-130°03'W	76	Mar.5, 1981	7°45'S-121°50'W	?	457	1,139
YF	Feb.12, 1980	16°21'S-146°57'W	?	Jul.13, 1981	8°14'N-139°25'W	?	518	1,541

All three skipjack were released in the Marquesas Islands and had migrated west northwest to the area north of the Phoenix Islands, where they were recaptured by baitboats. The first two yellowfin were released at Pitcairn Island and recaptured by Japanese longliners. The third yellowfin was released in the Tuamotu Islands and recaptured by a U.S. purse seiner. (It is worthy of note that a yellowfin released in the Marquesas Islands in 1978 was recaptured by a U.S. purse seiner at 11°47'N-130°25'W in 1979; the details of this recapture are given in the Commission's annual report for 1979.)

In August and September of 1980 114 northern bluefin were tagged and released from the purse seiners *Anthony M.*, *Commodore*, and *Elsinore* off northern Baja California. Three of these fish were recaptured in 1981, two off northern Baja California and one off Southern California. Lengths at release and recapture were available for two of these fish, and also for two others released in 1979 and recaptured in 1980. These averaged 77.2 cm at release and 96.9 cm at recapture, were at liberty an average of 355 days, and grew an average of 0.55 mm per day.

During January–April 1980 704 1979-year class bluefin were tagged and released off southern Japan. These releases produced 57 returns in 1981, 33 in the western Pacific and 24 in the eastern Pacific. The areas of release and recapture are shown in Figure 11. The fish which remained in the western Pacific averaged 50.2 cm at release and 87.4 cm at recapture, were at liberty an average of 491 days, and grew an average of 0.76 mm per day. Those which migrated to the eastern Pacific averaged 49.8 cm at release and 77.4 cm at recapture, were at liberty an average of 507 days, and grew an average of only 0.54 mm per day. The difference in the growth rates of the two groups of fish is of obvious importance to anyone using age-structured models to assess the condition of the stock of bluefin in the Pacific Ocean.

In addition, 106 1980-year class bluefin were tagged and released off southern Shikoku during August–September 1980. One of these was recaptured in July 1981 at 39°30'N–149°05'E. It had grown from 25 to 65.4 cm in 326 days at liberty, an average of 1.24 mm per day. (It is not surprising that the growth rate was greater for these fish, as the growth is quite rapid during late summer and early fall of their first year of life, as will be shown below.

A Commission employee spent March and part of April 1981 in southern Japan, where he was to tag bluefin during the most productive part of the winter-spring troll fishing season. For the first time in many years, however, the fishery there during March and April was a total failure, so he was not able to tag any fish.

During July–September 1981, 3,297 1981-year class bluefin were tagged and released off southeastern Shikoku by one Tuna Commission employee and two locally-hired student helpers. In 1980 standard-size dart tags had been used, but in 1981 smaller dart tags were used on most of the fish. This made it possible to tag fish as small as 15 cm in length, whereas the minimum size tagged in 1980 was 22 cm. The areas of release and recapture of these fish are shown in Figure 12. A total of 264 of these were returned during 1981. They averaged 20.9 cm at release and 40.0 cm at recapture, were at liberty an average of 87 days, and grew an average of 2.2 mm per day.

### **Sub-population studies**

Studies undertaken in this program, as in previous years, are directed toward determining the extent to which fish from different geographic areas taken at different times require separate management considerations.

#### ***Studies of serum protein and morphological variation of yellowfin and skipjack***

During the past decade the Commission has carried out studies aimed at both defining and studying the management implications of geographic variation in yellowfin and skipjack. Studies of serum proteins were undertaken, as were studies of morphometric variation to determine if skipjack and yellowfin from

different geographic areas were recognizably distinct. Past analysis of these studies has produced inconclusive results. While there is evidence that both yellowfin and skipjack samples collected for different geographic areas and in different years are not similar in a statistical sense, the differences are not great. Statistical variation within samples collected in each geographic area is large relative to the observed differences among geographic areas and among years. While this statistical variation has a basis, its biological significance and implications for the management of the fishery await more detailed and sophisticated analyses. With this view in mind, the Commission set out in 1980 to assemble the data in a readily understandable and easily accessible format. The short-term objective is to describe both the methodology and data base in detail so that both Commission personnel and outside investigators can perform additional studies. The longer-term objective is to begin a process of analyses that address fundamental questions in biology and specifically population genetics.

In 1981 compilation of the data files for the yellowfin and skipjack genetic and morphometric studies was completed. Each data file is composed of a summary section and a data section. The summary functions as a cross-reference key. Using the summary a sample can be identified by vessel, cruise number, morphometric sample number, date and location of the sampling, and date of the laboratory analyses. This facilitates the cross-referencing of raw data and previously published reports with the samples and sample codes employed in the data section of the report.

The data sections contains a listing of the genetic and morphometric data by sample. Each sample represents as closely as possible one fishing event, one purse-seine set or baitboat stop. Each data entry in a sample represents one sampled fish, except as noted in the data report. The data for each fish were divided into five segments:

- 1) Sampling data: This segment contains information on sample codes, species, date and location of sampling, type of vessel used for sampling, and whether data were collected from fresh or frozen fish.
- 2) Fish data: Recorded here were the sample fish identification numbers, the sex of the fish if determined, and the fork lengths.
- 3) Genetic scores: Esterase, tranferrin and PGI phenotypes were recorded, as well as the number of times each fish was scored for each phenotype.
- 4) Alternate scores: If a fish blood sample was tentatively scored for one phenotype and then reanalyzed and scored for a different phenotype, then the initial tentative score was recorded.
- 5) Morphometric data: For the fish used in the morphometric studies the measurements of eight external body dimensions were recorded.

As a result of employing a number of different sampling schemes during the experimental period, data are lacking in some of the segments.

After the data files were completed, each entry was checked for accuracy using the original raw data. To verify further the accuracy of the data base, a number of computer routines were employed to arrange the data into groups. Genetic data from each sample were arranged by fork length and samples were grouped into areas so that a comparison could be made with earlier published reports and summaries. Presently, the magnetic tape copies of the data files are being used to create printouts of the data. A report was also written that describes in detail the genetic and morphometric sampling programs from 1969 to 1978, the electrophoretic laboratory analyses performed, and the steps taken in the compilation of the data reports.

Although the Commission has responded to specific requests from other agencies for data and for a review of reports, the staff has not yet completed a detailed analysis of the data. In the context of a review, the distribution of rare alleles in each sample was compared with the distribution expected by chance alone. Deviations between the observed distribution of rare PGI alleles and that expected by chance are not statistically different. The observed distributions of rare PGI 1-2 and PGI 3-4 alleles in 81 yellowfin samples were compared with those expected from the binomial distribution; the probability of observing such differences by chance alone is greater than .05. Investigators have asserted that rare alleles are often clumped in samples, thus providing evidence for biological cohesion in fish schools. Our analysis did not support this hypothesis. The amount of clumping of rare alleles in samples is what one would expect by chance alone. Similar statistical studies carried out by South Pacific Commission staff on different samples of skipjack tuna also show that deviations are no larger than what is expected by chance alone.

Additional assertions dealing with correlations between size of fish and occurrence and frequency of rare alleles, geographic variation, and tagging data were also examined in this context.

The conclusion that emerges from various analyses undertaken thus far is that because of the uncertainty and statistical complexity of the data, one should be suspicious of simplistic inferences. The analyses required to evaluate these data must be both rigorous and robust. The inferences drawn, by the nature of sampling problems, must be qualified and alternative hypotheses must be considered.

#### ***Studies of rates of mixture using trace element chemistry***

Studies reported on in the 1980 annual report that employ variation in trace element chemistry as "natural tags" were continued in 1981. The overall objective of this program, as with those studies carried out in past years using tagging data, morphometric variation, and enzyme variation, is to determine the degree of intermingling of tunas from different geographic areas. Results of such studies using traditional methods have, for various reasons, produced equivocal

results. Studies based on variation in trace element concentration provide a number of advantages, the primary one being that each individual fish may contain in its skeleton a chemical composition which allows the investigator to derive data useful for management purposes. The specific objective of this phase of the program is to determine whether useful patterns of chemical variation are detectable and whether these can be employed to determine areas of origin of tunas taken in specific fisheries.

The results of a pilot study carried out on yellowfin are summarized in the IATTC's 1980 annual report. It was demonstrated that samples of spines from juvenile yellowfin collected from two geographic areas were sufficiently distinct in chemical composition to be readily recognizable. It is reasonable to assume that such differences in spines would be preserved for several years, if not throughout the organism's life span. These studies were carried out using borrowed equipment not ideally suited for this purpose. Also, in order to carry out these first analyses, dorsal spines from three different fish had to be pulverized and pressed into a pellet, thus losing any time-dependent information that may have existed within individual spines.

Because of such limitations the Commission staff built a system of X-ray spectroscopy optimized for stock-related studies. The goal was to carry out a similar analysis, but on a small cross-section of tissue. The first quarter of 1981 was devoted to assembling the components, writing computer software, and testing the sensitivity and reliability of the system. Once the system was judged adequate, studies were undertaken to determine both the intensity and duration that samples were to be exposed. The system was initially tested at Princeton University, but it is currently installed at the California Institute of Technology, Pasadena, California. Further modifications were made at Pasadena to permit the system to function properly in the new surroundings, and to reduce hazardous radiation.

The following paragraphs contain a description of the apparatus, the results of a pilot study carried out on bluefin tuna, and an update of the current yellowfin program.

#### ***PIXE (Proton Induced X-ray Emission Spectrometry)***

In the past, variations in the trace element patterns of fish tissue has been characterized by exposing samples to X-rays from radioisotopes or an X-ray tube, to electrons from an electron beam, and more recently to charged particles. The various methods have one feature in common; the sample that is to be analyzed is exposed with an energy source which in turn excites X-rays that are characteristic of each chemical element and the matrix. The number of X-rays of a given energy produced are a function of the concentration. Thus, quantitative characterizations are obtained by exposing the sample and storing the resulting spectrum on magnetic tape.

Following recent advances in nuclear physics and instrumentation, it was decided to use PIXE techniques. Three million electron volt (MeV) protons from a tandem Van de Graff accelerator are used as a source to excite the characteristic X-rays. The beam of protons is focused onto the sample in a chamber partially filled with helium gas. The energies of the X-rays emitted are determined and each is counted. X-rays that occur too close together in time to be processed generate "dead time"; these are omitted from the count. All analyses are carried out electronically and the data are stored on magnetic disk. A mini-computer is used to control the experiment, *i.e.*, the order that samples are analyzed, the duration that each is irradiated, and the transfer and storage of data. A schematic diagram of the process is given in Figure 13.

#### *Results of bluefin pilot study*

The northern bluefin is an almost ideal species for testing methods of stock discrimination. Spawning in the north Atlantic occurs in two distinct areas, in the Gulf of Mexico and in the Mediterranean. The fishery has been managed under the assumption that a single biological unit exists. There is some evidence that the two groups are distinct, while there is also evidence that transoceanic migrations occur. Obviously, any information on the rate of mixture between the fisheries would provide useful data for management considerations. Information about rates of mixture on the spawning grounds would have even more basic biological and management implications. Thus not only is there a pressing need for the information; the system is relatively simple as far as tuna fisheries go. This bluefin project is both an attempt to study a promising methodology in more detail and an attempt to gather needed data. The project is being funded by the U.S. National Marine Fisheries Service.

Samples of juvenile tuna have been taken from nursery areas and from fisheries on both sides of the Atlantic. The first study undertaken was to determine whether trace element patterns of juveniles are recognizably distinct. Two pilot studies were carried out. In the first study, vertebrae in the caudal region of 72 juvenile tuna, ages two and three, from the eastern and western Atlantic were irradiated. One analysis was performed per vertebra. In the second study, a number of vertebrae were scanned, that is successive analyses were carried out along line transects starting in the centra and at 0.8 mm intervals to the outside radii of the vertebrae. Each sample or area analyzed was irradiated for approximately 8 minutes at an intensity that produced an average rate of X-ray emissions of 3,500 counts per second.

Each analysis results in two 1,024-word arrays of data, of which one array contains the X-ray pattern originating from the vertebrae, and the second array contains X-ray from the rotating target. This latter information is used to normalize the data. Each data array was condensed by summing pairs of adjacent values resulting in a 512-word array of normalized values. This string of 512 normalized variables constituted the basic data used in the statistical analyses.

The results of various discriminant function analyses performed on data that were normalized to calcium, the major constituent of the vertebrae, and to the rotating target are interesting. The 512-variable array of data was divided into 40 variable sections corresponding to X-rays of different energies and most likely different trace elements. Each section was analyzed separately. The results are summarized in Table 9. Fifteen different stepwise statistical analyses were performed. The variable numbers, energy range of the X-rays that produced the counts, number of variables chosen as discriminators, and associated statistics are given. The percentages of samples that were correctly classified using the functions derived are indicated in the last column.

The results demonstrate that differences exist in the trace element patterns of caudal vertebrae, specifically in skeletal tissue in the region that was formed within the first six months of growth. The results of the analyses indicate that statistical differences exist between not only one section of the spectrum, but every section. The analysis was carried out in sections because of space limitations. When the "variables chosen" in the stepwise process for each section were combined into one run, statistical differences were even more pronounced. Data normalized by the rotating target produced similar results.

The results of these relatively simple and preliminary analyses indicate that statistical differences exist between young bluefin tuna from different geographic regions. In this respect the results are similar to the results of the yellowfin tuna study carried out using similar methods (Commission's 1980 annual report). The major difference is that hard parts did not have to be pulverized and the temporal data are preserved.

A second pilot study was carried out on bluefin. The objective here was to measure the degree of variation in trace element chemistry in individual vertebrae. Vertebrae were positioned in the apparatus so that the beam struck the center of the centrum region. After 8 minutes of exposure the data were stored, the sample moved 0.8 mm, and another analysis carried out. This process was repeated until a line transect of analysis starting in the center and ending at the outside edge was completed.

The results of this study demonstrated that there are cyclic differences in specific elements. Some elements appear to increase in concentration with time; others such as chlorine, bromine and sulfur, and zinc appear to decrease with time. Ratios of specific elements such as phosphorus/strontium appear to vary both with season and distance across the vertebrae (Figure 14).

The results of both studies suggest refined methods that should prove useful in determining stock studies. The results of these pilot studies have been used to optimize experimental parameters. Attempts are again being made to acquire a sufficiently large set of samples of "giant" bluefin. Sampling in Europe continues

to prove difficult, and an adequate set of samples on which to base comparisons is not yet available.

#### *Yellowfin stock structure studies*

The initial X-ray study carried out in 1979 demonstrated that differences existed in the spectra (trace element patterns) of fish from different geographic regions. As the configuration and availability of equipment needed for such studies was not ideal, a new system was constructed. Detailed testing of the system, development of computer software, and analysis are being carried out simultaneously with a large-scale sampling program on yellowfin. Currently emphasis in the yellowfin program is on collecting a sufficient set of samples. The objective is to sample cohorts of juvenile yellowfin in different geographic regions as these enter the fishery. The degree and extent of mixing of these fish as they grow older will be assessed by determining patterns of elements in that portion of the hard tissue that was deposited as juveniles and by comparing this pattern with the pattern in juvenile fish collected in different geographic regions.

The caudal peduncle and dorsal spines of 50 small yellowfin are taken from an individual vessel. A total of 52 samples, each composed of 50 fish, was collected in 1981. The distribution of the samples is given in Figure 15. Spot sampling of juveniles of a different year class will continue in 1982 as a means of determining the extent of annual variation. Additional samples of older fish will be collected in the latter part of 1982.

### **OTHER ASPECTS OF TUNA BIOLOGY**

#### **Size composition of the 1981 catch**

Length-frequency samples of yellowfin and skipjack have been collected by Commission personnel from the catches of baitboats and purse seiners since 1954. Information obtained from these samples has been used to make estimates of growth rate, mortality, yield-per-recruit, and year-class abundance. The results of these studies have been reported on in several bulletins and annual reports of the Commission.

Length-frequency samples of yellowfin, skipjack, bigeye, bluefin and black skipjack are measured by Commission personnel at ports of landing in California, Puerto Rico, Mexico, Panama, Ecuador, and Peru. By late January of 1982 632 yellowfin, 555 skipjack, 41 bigeye, 14 bluefin, and 72 black skipjack samples had been processed from the 1981 eastern Pacific purse-seine and baitboat catch. Additional samples of the first three species from the 1981 catch will continue to come in through the early part of 1982. The size compositions of the bluefin and black skipjack catches are discussed in other sections of this report.

The annual length-frequency distributions of yellowfin sampled in the CYRA



during 1976–1981 are shown in Figure 16. The preliminary estimate of average weight of yellowfin caught in the CYRA in 1981 is 20.6 pounds (9.3 kg). This is 2.3 pounds (1.0 kg) heavier than the 1980 value, and the highest average weight since 1977.

The annual length-frequency distributions of yellowfin sampled from catches made between the western boundary of the CYRA and 150°W longitude during 1976–1981 are shown in Figure 17. The preliminary estimate of the average weight of yellowfin from this area in 1981 is 58.1 pounds (26.4 kg). This is the highest average weight since 1978.

The annual length-frequency distributions of skipjack sampled from the eastern Pacific Ocean during 1976–1981 are shown in Figure 18. The preliminary estimate of the average weight of skipjack for 1981 is 4.9 pounds (2.2 kg). This is the lowest annual average weight recorded since the beginning of the sampling program in 1954. The average weight for 1981 is 0.4 pounds (0.2 kg) less than the average weight for 1980, which was the previous low.

The annual length-frequency distributions of bigeye sampled from purse-seine catches made in the eastern Pacific Ocean during 1976–1981 are shown in Figure 19. As in the case of most recent years, most of the bigeye sampled came from catches made between the equator and 5°S latitude off the coast of Ecuador in the last quarter of the year.

### **Size distribution of yellowfin by time and area**

Length-frequency samples of yellowfin for 1975 to 1980 from the purse-seine fishery of the eastern Pacific were processed to form a yellowfin length-frequency data bank on the Commission's PDP-11 computer.

A computer program for the PDP-11 was written to convert proportions by length of yellowfin from numbers to the corresponding proportions in weight for each sample. In this way relative position of the length-frequency modes is the same, but a more accurate portrayal of the size classes of fish present in those area-time strata is obtained. This program can summarize samples from a particular 1° area, a group of 1° areas or a mixture of 1° and 5° areas. In this way the boundaries of time-area strata may be defined more precisely according to the resulting frequencies obtained from the analysis.

### **Multimodal analysis of yellowfin length frequencies**

Length-frequency data have been collected routinely for yellowfin, skipjack, and bigeye since the 1950's and for bluefin and black skipjack since the 1970's. These data are of fundamental importance for studies of growth and mortality, and are potentially of great value for studies of availability and vulnerability of groups of fish to the fishery, *etc.* Inferences can be drawn from simple visual examination of length-frequency histograms, but the usefulness of such studies is

limited due to often erratic behavior of the modes, which is believed to be chiefly the result of sudden changes in the availability or vulnerability of various groups of fish in the fishery. Accordingly, from time to time, more sophisticated procedures have been used to try to learn more from the length-frequency data. This section describes a procedure with which the staff has been recently experimenting. The data used consist of 396 yellowfin length-frequency samples representing fish caught during January-June 1976. These were combined into 124 groups on the basis of area and date of capture on the fish. First, a statistical procedure is used which calculates the portions of the fish in each group which fall into seven length categories and the means and standard deviations of the lengths of the fish within these categories. Then these groups are subjected to cluster analysis. Cluster analysis consists of statistical comparison of the 124 groups, combination of the two most similar ones, comparison of the remaining 123 groups (122 of the original groups plus one new one made by combining the other two original ones), and so on. The procedure can be continued until only one group, consisting of the original 124 groups combined, remains, but in practice it is usually stopped when the results (portions of the fish in each length category and the means and standard deviations of the lengths of the fish within these categories) indicate that the groups consist of fish which may be distinct in some meaningful way. A preliminary run of this procedure has given five groups, but speculation at this time as to the significance of these groups is not warranted.

### **Skipjack in the Hawaiian and eastern Pacific fisheries**

Catches of skipjack in the Hawaiian fishery have been below average in the past few years. It has been suggested that this may have been caused by the increasing catches of skipjack in the eastern Pacific in recent years. Part of the catches may have been comprised of young fish which otherwise would have migrated to the area around Hawaii, and been captured as older fish some time later.

To test this hypothesis the skipjack from both fisheries were assigned ages according to length categories and assumed growth rates. The catch and length-frequency data for the Hawaiian fishery were supplied by Mr. Richard Shomura, Director of the National Marine Fisheries Service, Honolulu, Hawaii. Earlier investigations at NMFS, Honolulu, indicated that the growth rate of skipjack in the Hawaiian fishery ranged from 20 to 28 cm/year for fish between 12 and 24 months old. The median linear growth rate for 19 skipjack tagged off northern Mexico and recaptured in Hawaiian waters was 20.6 cm/year. A linear growth rate of 24 cm/year was selected for the Hawaiian skipjack, since it falls within the range of the earlier estimates, is close to the estimate from tagging and is identical to the median of the three growth rates selected for the eastern Pacific fish. The length intervals corresponding to assumed age groups in each quarter, and lengths separating the age groups and increasing by quarter according to the selected growth rate (6 cm/quarter), should violate the quarterly length-frequency distributions in most years as little as possible. That is to say, the separation

lengths should fall in the troughs, and the peaks should be near the middle of the length intervals representing the age groups. In the eastern Pacific fishery the fit is fairly good for the period in question (1960–1979) with the exception of 1971 and 1973, when the fit is poor.

For the Hawaii skipjack the separation lengths were adjusted to fit the distributions in the second and third quarters when most of the fish is caught. Separation lengths are too large by a few centimeters in the first quarter, and too small by a few centimeters in the fourth quarter. The separation lengths for the Hawaii skipjack are all 5 cm less than for the eastern Pacific skipjack (see Table 7 for separation lengths based on a growth rate of 24 cm/year). They should be identical if the fish are from the same subpopulation. Since this is not known it was judged better to fit the separation lengths independently to the length-frequency distributions from each fishery, even though this confuses the attempts to find relationships between catches in the two fisheries. Age-0+ fish are assumed to be from 0 to 12 months of age, age-1+ from 12 to 24 months, age-2+ from 24 to 36 months, and age-3+ from 36 to 48 months.

In the eastern Pacific very few age-3+ fish have been caught, and they have been combined with the age-2+ fish. Because more large fish are caught in Hawaiian waters the numbers of age-3+ fish were calculated separately. Of the mean annual numbers of fish caught in Hawaiian waters, the age-0+ fish comprise less than 1%, the age-3+ fish less than 2%, the age-1+ fish 45%, and the age-2+ fish 53%, so that the age-0+ and age-3+ fish may be ignored in the present analysis.

The decrease in the catch of skipjack in the Hawaiian fishery in the past few years is caused mainly by the decrease in the catch of age-2+ fish. In the 1975–1979 period the mean annual number of age-1+ fish was 96% of that caught in the 1964–1974 period (excluding 1973 because of incomplete data); while the mean annual number of age-2+ fish caught in the later period was only 66% of that caught in the earlier period.

No significant correlations were found between number of age-0+ skipjack in the entire eastern Pacific (combined areas north and south of 15°N and east of 150°W) and numbers of age-1+ skipjack caught near Hawaii at a later time, using various lag periods. Nor were any significant correlations found between age-0+ fish in the entire eastern Pacific and age-2+ fish in Hawaiian waters.

It appears, then, that the decreased catches of older skipjack (age-2+ ) in the Hawaiian fishery in recent years cannot be explained by increased catches of younger fish (age-1+ ) in the entire eastern Pacific fishery at an earlier time.

### **Rates of attrition of skipjack cohorts**

Exploited fish populations become exponentially reduced by fishing mortality

and natural mortality; some populations may be reduced by emigration as well, as is presumed to be the case for skipjack in the eastern Pacific. The combined reduction caused by all three factors is the rate of attrition ( $A$ ), which is related to the rate of survival ( $S$ ), and the instantaneous rate of attrition ( $Z$ ) as follows:

$$(1 - A) = S = e^{-Z}$$

The following notation is used here in calculating the coefficients for the instantaneous rates of mortality and emigration:

$$\begin{aligned} q &= \text{coefficient of catchability,} \\ f &= \text{fishing effort,} \\ F &= qf = \text{coefficient of fishing mortality,} \\ M &= \text{coefficient of natural mortality,} \\ E &= \text{coefficient of emigration,} \\ X &= M + E, \text{ and} \\ Z &= F + X \end{aligned}$$

The subscripts  $m$ ,  $q$ , and  $a$  following the rates and coefficients indicate values on monthly, quarterly, and annual bases, respectively.

$Z_q$  was calculated for each cohort of skipjack from the descending segment of the catch rate curve, which is the catch rate plotted against time in quarters. The catch rate is the number of fish caught per day by purse seiners with effort standardized to class-3 vessels in the 22 selected skipjack areas ( $f_q$ ) calculated by quarters for each age group in a cohort. Calculations were based on ages assigned by length according to the three different growth rates (17, 24, and 32 cm/year). The segments of the catch-rate curves used ranged from 3 to 5 quarters, including fish of age-1+ (12 to 24 months) in the last one, two, or three quarters of a year (referred to as the cohort year) and fish of age-2+ (> 24 months) in the first two quarters of the following year. Because the later portions of the segments of the catch-rate curves tended to drop more rapidly than did the earlier portions, values of  $Z_q$  and  $Z_a$  were found to decrease with increasing number of quarters in the segments used. Values of  $Z_a$  therefore were adjusted by the slope of a line drawn between the median values based on 3 quarters and those based on 5 quarters (the median value based on 4 quarters fell close to the line). The adjusted values are given in Table 10.

It has been shown that  $X$  and  $q$  can be estimated by the relationship  $Z = M + qf$ , when  $f$  varies sufficiently. In the present study  $X$  has been substituted for  $M$  to include  $E$ , but the scatter in the plots of the values  $Z$  and  $f$  was so great, and the correlations so far from significance, that no estimates of  $q$  and  $X$  could be made.

Neither was there any indication that  $Z$  increased with  $f$ . Either the method of obtaining  $Z$  is so poor that no conclusions can be drawn from these results, or  $F$  is such a small part of  $Z$  that it has no detectable effect on it, or both of these reasons, together, may be responsible for the absence of any apparent relationship.

Mean values of  $Z_a$  (Table 10; excluding values for the 1972 cohort which were regarded as outliers) were 2.72, 3.41 and 4.01, corresponding to annual rates of attrition,  $A_a$ , of 93.4, 96.7, and 98.2 percent for growth rates of 17, 24 and 32 cm/year, respectively. These high values of  $A$ , along with the apparent lack of influence of  $f$ , suggest that  $M$  or  $E$ , or both, may be very large. There is yet no way of obtaining reliable estimates of  $M$  or  $E$ . For comparison,  $Z_m$  for tagged skipjack from the southwestern Pacific was estimated by the South Pacific Commission to be 0.20, equivalent to  $Z_a$  of 2.40, corresponding to  $A_a$  of 90.9 percent.

### **Feeding and energetics studies of yellowfin**

There has been increasing interest by fishery scientists in recent years in a multi-species approach to fisheries resource management. In order to understand the dynamics of fish populations, it is important to study the interactions between predator and prey populations and the flow of energy among the various components of the ecosystem. Toward this end, it is essential to know the make-up of the diet of an important predator such as yellowfin, how much it eats, and what changes occur temporally and spatially in its feeding habits.

#### ***Feeding habits***

The Commission's study of feeding habits of yellowfin has been directed primarily toward determining what food organisms are found in stomach samples and in what quantities. Stomach samples for the study were collected from 1970 through 1973 from the purse-seine catch in the eastern Pacific Ocean. The contents of some 4,150 stomachs have been analyzed, including samples from 1970–1972 taken in sampling areas 16, 17, 18, 20, and 22 (Figure 20). Most of the stomachs collected are from yellowfin that were associated with dolphins at the time of capture.

The most important organisms, in terms of the index of relative importance (IRI), of those found in 649 stomachs taken from Areas 16, 18, and 22 in 1972 are depicted in Figure 21. The IRI incorporates into a single index three commonly used measures of prey importance: frequency of occurrence, volume or weight, and number of individuals. Each of these three parameters provides different information about the feeding habits of fishes. The IRI is calculated as follows:

$$IRI = (\%N + \%W) \%F$$

where % $N$  = numerical percentage, % $W$  = weight or volume percentage, and % $F$  = frequency of occurrence percentage. It is apparent from Figure 21 that frigate tunas (*Auxis* sp.) are by far the most important prey item found in the samples (IRI = 2,170), followed by cephalopods (IRI = 1,203) and flyingfishes (IRI = 323). In terms of frequency of occurrence and the number of individuals, however, cephalopods are more important than frigate tunas and flyingfish. This is due to the fact that many pairs of cephalopod mandibles (beaks) are found in the stomachs while cephalopod flesh is rarely found. Possible retention of beaks from previous meals may bias the IRI.

### ***Daily food consumption***

Measurements of how much food is eaten by a free-swimming migratory predator throughout the day cannot be made directly. In practice, however, estimates can be made utilizing stomach samples, providing the rate of food passage through the gut is known. In 1981 the feeding habits project has been directed primarily toward estimating daily food consumption rates in yellowfin utilizing the IATTC's sizable collection of data on stomach contents and laboratory measurements of stomach evacuation rates in live yellowfin.

The technique frequently used involves calculating the mean quantity of food in the stomachs of groups of fish caught over the entire daylight period during which yellowfin are presumed to feed. The mean stomach content, therefore, reflects hours of peak feeding activity as well as periods of low activity. Adjustments were made for stomach material lost when only partial stomachs were removed at sampling. The hourly rate of food intake is estimated by adjusting data on the mean stomach content for the amount evacuated from the stomach per hour. This is multiplied by 24 to determine the daily ration. Since yellowfin eat a variety of foods

$$D = 24 \sum_{i=1}^I A_i R_i$$

where  $D$  is the daily ration or daily food consumption,  $A_i$  is the average weight of food species  $i$  in all stomach samples, and  $R_i$  is the instantaneous gastric evacuation rate (per hour) of food species  $i$ . Since different types of food organisms may be digested and evacuated at different rates, it is essential that gastric evacuation rates of a representative variety of prey types be measured in the laboratory. Therefore, during 1981 an IATTC scientist conducted a series of experiments on captive yellowfin at the Kewalo Research Facility of the U.S. National Marine Fisheries Service in Honolulu, Hawaii (see *Gastric evacuation project* described below).

Preliminary calculations of the daily ration were made with the 1970 stomach

contents data and  $R_f$ 's estimated using the preliminary evacuation data collected only during the first three series of experiments. The stomach contents data were stratified by fork length of the fish from which the stomachs were taken. The strata were selected to correspond approximately to age classes 1, 2, 3, and 4 + . The results of the calculations converted to calories for fish of 0–55 cm, 55.1–86.5 cm, 86.6–122.0 cm, and 122.1 cm and above are presented in Figure 22 and in the following table.

	AGE GROUPS			
	1	2	3	4 +
Measured daily ration (kcal/day)	29.8	217.3	542.0	1628.1
Number of stomachs used in calculations	34	430	767	521
Adjusted daily ration (kcal/day)	105	245	542	1628
Mean caloric density of prey (cal/g)	1193	1197	1176	1160
Prey biomass eaten fish <sup>-1</sup> day <sup>-1</sup> (g)	88	205	461	1403

The daily meal for age classes 2, 3, and 4 + (217, 542, and 1628 kcal, respectively) falls for the most part within a band formed by the two curved lines running across the figure. This band represents a range of calories comparable to daily consumption rates of all other fishes studied. The lower line, A, shows the calories that yellowfin would need per day if they, like most fishes, needed the equivalent of two times their routine metabolic rate measured in a respirometer to sustain their normal activity levels in nature. A three-fold increase, however, has been estimated for pelagic fishes (represented by line B in Figure 22). Both lines A and B were generated by the energy budget discussed under the title of *Energetics* discussed below. The estimates of daily consumption are considered underestimates for the following reasons. They are based on the amount of food found in tuna stomachs after the fish had been enclosed in a purse seine for a number of hours, frozen aboard the vessel, and partially or completely thawed prior to unloading. These processes and an unknown rate of regurgitation prior to death would have a tendency to reduce the volume of food found in the stomachs below what would be found in freshly-caught fish. Therefore, yellowfin in nature may actually consume close to the level indicated by the 3x multiplier, line B in Figure 22.

These conservative estimates of daily food consumption or daily ration are presented as grams of prey biomass eaten per day in the table above. Prior to the conversion, the daily ration values in calories for age-classes 1 and 2 were adjusted upward slightly to conform better with those of the other age-classes in the 2x–3x band of Figure 22. The adjusted values in the table above were used for the conversions. The estimated total prey biomass eaten per fish per day was then partitioned by prey type based on the relative proportions in which they occurred in the stomach samples (Figure 23). These preliminary estimates suggest that a

yellowfin measuring 122.1 cm or above may eat on the average at least 730 g of frigate tunas (7.3 individuals of 20 cm average size), 440 g of nomeids (146 individuals of 3 g average weight), and about 233 g of other prey per day. Yellowfin in age-class 3 appear to eat an average of at least 235 g of frigate tunas (2.4 individuals), 100 g of nomeids (33 individuals), and about 125 g of other prey per day. Fish in age-class 2 eat at least 0.8 frigate tuna per day on the average.

One can begin to get a feel for the tremendous numbers of frigate tunas (*Auxis* sp.) that are consumed by the entire yellowfin population. Some rough estimates of food consumed by the CYRA yellowfin population in 1970 were made (Table 11). The per-individual biomass consumption estimates were multiplied by the number of individual yellowfin in each age-class in the CYRA as calculated by cohort analysis. The results broken down by prey type are presented in Table 11 and Figure 24. These results indicate that at least 13,799 metric tons of food were eaten per day by the population, 5,352 metric tons of which were frigate tunas (= 53.5 million individuals). A total of about 5 million metric tons of food were consumed during the year, about 2 million tons of which were frigate tunas.

There are a number of sources of error in this type of analysis, and these estimates are based on preliminary gastric evacuation rates. However, even if the estimates are revised substantially, the results still indicate that large populations of frigate tunas occur in the eastern Pacific (possibly more than 5-6 million metric tons). Possible interaction between some of the prey species that occur in large numbers, themselves predators at lower trophic levels, and larval stages of tunas could have important implications on the tuna stocks.

### ***Energetics***

Another approach for estimating daily food consumption in fishes is the energy balance method. Simply stated, the assimilated portion of the food eaten equals the total energy budget of the fish. The energy budget includes the total energy utilized for all the fish's needs, including maintenance of metabolic stasis (standard metabolism), locomotion, and growth. An energy budget for yellowfin was approximated by two former IATTC scientists utilizing measurements of metabolic rates in captive skipjack tuna and estimates of work done while swimming based on thermodynamics principles. A major drawback of the model is that no information on swimming velocities of yellowfin under natural conditions was available. Velocity is an important parameter in the work equations. The energy requirement to swim at a particular velocity is a cubic function of that velocity. It therefore becomes very costly for a fish to swim at high velocities.

The energy budget has been updated in 1981 by incorporating calculations of swimming velocities derived from sonic tracking experiments conducted during an IATTC charter in the spring of 1981. The percentage of a 24-hour day that two yellowfin (Nos. 2 and 3) spent swimming at various velocities is shown in Figure



25. Figure 25 is interpreted as in the following example: The mean of the velocity measurements falling in the range of 0.5–1.0 body lengths per second measured during 224 observation intervals is represented by the dot located in that interval on the figure. These calculations are, of course, subject to error involved in determining the position of the tracking vessel relative to the fish with time. While positioning errors may tend to cancel out over time, the velocity calculations undoubtedly underestimate true velocities because small-scale movements are not recorded during the tracking procedure. These underestimates are desirable here in order to keep the energy budget conservative.

Presented in Figure 26 are calculations based on the energy budget for the total calories required per day ( $E_{\text{total}} = E_m + E_g + E_L$ ), and the calories utilized for maintenance ( $E_m$ ) and growth ( $E_g$ ) for yellowfin of various sizes.  $E_L$  represents the energy required for locomotion. The shaded band represents a comparable range of energy utilization by other fishes studied. The band is bordered by lines representing the calories required to operate in nature at typical activity levels equivalent to two times (lower line) and three times the routine metabolic rate (upper line) measured in a respirometer added to  $E_m$  and  $E_g$ . Most fishes studied have been shown to operate in nature near the 2x level, while pelagic fishes are presumed to operate nearer the 3x level. As illustrated in Figure 26, the total energy requirements based on the energy budget are below the 2x line for small yellowfin. The total then climbs steeply, surpassing the 3x line for large yellowfin. One would expect that the energy budget is most reliable for fish close to the size of those that were tracked (87 and 89 cm) and increasingly less reliable for smaller and larger fish due to the fact that there is an inverse relationship between size-specific sustained swimming speeds and length in tunas. The energy budget predicts that a 90-cm yellowfin would have to ingest 803 kcal (about 4.5% of body weight) per day in order to assimilate enough to fulfill the 669 kcal requirement shown in Figure 26. (An average of 80% of the energy in the diet of fishes is assimilated and available for growth and metabolism.) It, therefore, appears that yellowfin around 90 cm in fork length require average daily energy levels near 3x routine metabolic rates. This level of food consumption is greater than that estimated by the feeding model utilizing stomach samples (Figure 22; see *Daily food consumption* discussed earlier).

It appears that this model underestimates the energy requirements of small fish and overestimates the energy requirements for large fish. For example, the model predicts that a 160 cm yellowfin would have to ingest 5,760 kcal or about 4.8 kg of food (5.5% of body weight) per day in order to assimilate 4,800 kcal as shown in Figure 26. This is an inordinately high daily ration, higher than that predicted for a 90 cm fish. Typically size-specific energy requirements of fishes are known to decline with increasing body mass. Therefore, this energy budget model is considered unreliable for yellowfin of sizes towards the extremes of the size range shown in Figure 26.

***Gastric evacuation project***

In order to estimate better the rates of daily food consumption by yellowfin utilizing stomach samples from the commercial catch (see *Daily food consumption* discussed above), a project was undertaken in 1981 to measure gastric evacuation rates of yellowfin and skipjack in relation to food type. The work was conducted by an IATTC scientist at the Kewalo Research Facility (KRF) of the U.S. National Marine Fisheries Service in Honolulu, Hawaii. The experiments were designed to measure the time required to digest food species representing the three main groups of prey found in yellowfin stomach samples, fish, cephalopods, and crustaceans. It is desirable that the food items used in the experiments be the same or at least similar to the actual prey species consumed by yellowfin in nature. The following food items were chosen for the experiments: Pacific mackerel (*Scomber japonicus*), squid (*Loligo opalescens*), and red crabs (*Pleuroncodes planipes*). Mackerel are closely related to frigate tunas (*Auxis* sp.) which are eaten in large quantities in the eastern Pacific (Figures 21, 23, and 24 and Table 11). Squids, though different species, and red crabs are also important food items of yellowfin (Figure 21). However, red crabs were eliminated from the experiments when it was discovered that the captive yellowfin and skipjack at KRF would not voluntarily eat them. Smelt (*Hypomesus pretiosus*) were substituted for red crabs. They are a preferred food of captive tunas at KRF and are similar in size and shape to other common prey species of yellowfin in the eastern Pacific (e.g., flyingfish). A small anchovy known in Hawaii as nehu (*Stolephorus purpureus*) was included in the experiments, since it is also similar in size to some natural prey items (e.g., nomeids and gonostomatids).

The tunas were fed mixed meals of mackerel, squid, smelt, and nehu, rather than meals of each species individually, in an effort to obtain several data points from each fish, thus reducing the number of fish required for the project. Prior to the experiments each tuna was marked with a color-coded dart tag and each food particle was weighed individually in order to record accurately the initial weight of the meal eaten by each fish. Briefly, the experimental procedure was to record the time each food particle was eaten and by which fish, to wait from a few minutes after feeding to the time the stomachs were empty (about 21 hr), to sacrifice the fish after different time intervals, and to remove and weigh the partially digested organisms remaining in the stomachs and the intestinal contents immediately after death. Stomach and intestinal contents were then dried to determine the dry weight of each.

The study has progressed well. Evacuation data were obtained from 70 yellowfin and 17 skipjack through the end of December. The data have not yet been analyzed, but it appears that for a skipjack a line fit to the 17 points corresponding to the percentage of a meal of smelt remaining in the stomach versus time after ingesting the meal would intersect the time axis at 8-9 hours. This is a somewhat faster rate of digestion than that (12 hours) found by J.J. Magnuson in a similar study published in 1969. The data from the current study

indicate that yellowfin digest their food at a slower rate than skipjack. The number of hours required for complete evacuation of each food type by both species of tuna, estimated by visual inspection of the data, is as follows:

Predator species	Food species			
	Mackerel	Squid	Smelt	Nehu
Yellowfin	18-19	13	10-11	5-6
Skipjack	13	6	8-9	not tested

The evacuation data pertaining to yellowfin will be used to calculate an instantaneous rate of gastric evacuation for each food species tested. The evacuation rates will subsequently be utilized in a daily ration model in conjunction with IATTC's data base containing measures of stomach contents of some 4,000 yellowfin caught in the eastern Pacific Ocean in order to estimate mean daily rates of food consumption in nature. This information can provide:

1. a field-based estimate of the average total energy utilized to satisfy the sum of the components of the energy budget;
2. estimates of the biomasses of the principal species of prey consumed by the eastern Pacific yellowfin population.

### **Tuna otolith studies**

In the initial stage of this study the results of a tetracycline mark-recapture experiment showed that yellowfin of the Revillagigedo Islands-Baja California region deposit one increment daily on their sagittal otoliths during growth in the fork length range from 40 to 110 cm. Subsequent work has centered on attempts to learn whether otolith increments are of daily periodicity in yellowfin over the entire range of commercial sizes (about 30 to 170 cm). For this purpose 16 samples were collected randomly from vessels unloading at San Diego during 1977 to 1980. These fish were captured in the region bounded on the south by the equator and between 95° and 137°W longitude. Since there is no reason to suspect that one growth measurement will provide a lower variance than another when plotted against increment counts, the staff recorded fork (FL), pre-dorsal (PDL) and head (HL) length; gross (GWT) and net (NWT, stomach contents removed) weight; sex; otolith weight (OWT); and the length of the counting path on the otolith (PRL). Otoliths removed from the fish were etched with acid to expose the sub-surface increments and then replicated using cellulose acetate.

During 1981, counts of increments from these samples were completed using a two-stage process. Initially the replicas of otoliths from fish ranging from 30 to 110 cm (FL) were counted sequentially and repeatedly to develop a consistent method of interpretation. (Sequentially means counting increments of approximately 15 fish in each 10 cm (FL) length interval.) Following this procedure all replicas were counted at random. During the second stage, involving fish in the 110 and 170 cm range, sequential counting was repeated. At

the end of the exercise three replicas were selected at random from each 10 cm interval, combined, and recounted at random. A regression of original on random counts showed that the regression coefficient was not significantly different from one ( $t_{.05,16} = 0.51$ ) and the intercept did not differ from zero ( $t_{.05,16} = 0.65$ ). Consequently, the original counts were accepted and combined with the first stage of analysis.

With the exception of NWT, the growth curves of the various characteristics appear in Figure 27 (a to f). The graph for NWT is omitted because it is figuratively the same as that of GWT vs. increments. Attempts to fit several asymptotic growth curves to the data were resolved by a least-squares fit of the generalized Gompertz equation i.e.,

$$Y_t = Y_{\infty} \exp(-\exp(-K(t-t_*)))$$

where  $Y_t$  = the growth characteristic,  $Y_{\infty}$  = the asymptotic size,  $K$  = a growth parameter,  $t_*$  = the inflection point, and  $t$  = a coded value of increments ( $I$ ), i.e.,  $t = I/365$ . The descriptive equations appear in Table 12.

By coding  $t$  such that  $t = I/365$ , the assumption is implicit that each  $I$  is equal to a day and  $t$  = years. From the tetracycline experiment this assumption is valid over the growth range from 40 to 110 cm, but it is not confirmed prior to 40 or after 110 cm. For the lower outlying region only indirect evidence is available to justify the assumption. Support stems from the tetracycline experiment in that the growth rate of yellowfin between 40 to 110 cm is 3.06 cm/month. For the present data and in the same range growth is 3.08 cm/month. The rates are not significantly different, implying that the interpretation of increments below 40 cm is consistent with that in the range from 40 to 110 cm. However, beyond 110 cm the estimates of  $Y_{\infty}$  (203.1 cm) and  $K$  (0.516; annual) based on increments deviate markedly from previous results derived from length frequency analysis, i.e., about 171 cm and about 0.70, respectively. A resolution of these differences will depend on additional tetracycline experiments to establish the temporal meaning of increments in the size range from 110 to 170 cm.

## Bluefin studies

### *The 1981 fishery*

The first purse-seine catches of bluefin in 1981 were made in the last week of June. In most years the first catches are made toward the end of May or at the beginning of June. The distribution of the catch in time and space followed the usual pattern except that there was no catch recorded south of 25°N. Usually catches are made as far south as 23°N. In June most of the catch was made between 28°N and 30°N. In July the fishing area extended from 29°N to 34°N. In August all but a few tons of the catch was made north of 30°N. The last catches of the year were made in the last week of September. The latest estimate of the 1981

bluefin catch is 1,120 tons, which is the lowest catch since 1933, when demand for tuna was almost nil due to the severe economic depression. In comparison, the average bluefin catch for 1971–1980 was 8,492 tons.

Annual length-frequency distributions of purse-seine catches of bluefin made in the eastern Pacific Ocean during 1976 through 1981 are shown in Figure 28. The current estimate of the average weight of bluefin for 1981 is 31.9 pounds. The 1981 size distribution is unusual in that there are so few fish of less than 70 cm in length present; those fish constituted only 3.1% of the total. In 1976 through 1980 the percentages of fish below 70 cm were as follows: 1976, 50.3; 1977, 13.3; 1978, 62.0; 1979, 13.3; 1980, 18.2. The lack of small fish in the 1981 catch may indicate that the incoming year class is unusually small, and this could have been a contributing factor to the low catch in 1981.

#### *Effort and catch per unit of effort*

The bluefin fishery is restricted to a relatively small area in comparison to the tropical tuna fishery, and the area is almost constantly searched by tuna fishing vessels. Therefore, when bluefin enter the fishing area they are probably discovered and fished on almost immediately. High relative abundance, therefore, draws high fishing effort and, conversely, in years when bluefin abundance is low fishing effort is directed at other species. Such being the case, total catch may be the best indicator of bluefin abundance.

It may be useful, nevertheless, to attempt to ascertain the fishing effort directed toward bluefin. Virtually all of the purse seiners that catch bluefin in the eastern Pacific also catch yellowfin, skipjack, bonito, and other tunas and tuna-like species. Therefore, in order to assess bluefin effort, an attempt must be made to separate bluefin effort from that directed at other species. To begin, virtually all of the bluefin catch is made north of 23°N, so fishing time south of that latitude can be disregarded. Also, nearly all of the bluefin catch is made during May through October, so fishing effort in other months can be eliminated. However, a good deal of purse-seine effort north of 23°N in May through October is directed at other species. Over the 1961–1980 period the percentage of bluefin in the total catch of tunas and other species made by purse seiners fishing in that time-area strata ranged from a high of 69.4 in 1966 to a low of 10.2 in 1967. In most of the years the percentage of bluefin varied between 20 and 45.

To further refine the estimate of bluefin effort it was decided to count only effort in May through October, north of 23°N in 1-degree areas (areas bounded by 1 degree of latitude and longitude, as shown in Figures 2 and 3) in which purse-seine sets on bluefin occurred. This would insure that bluefin were actually present in the area-month strata used for bluefin effort calculation. Using the logged days of fishing effort and the resultant bluefin catches from these 1-degree areas, estimates of catch per day's fishing were calculated. The results are shown in Table 13.

The annual catch per day's fishing has ranged from a high of 6.85 tons in 1966 to a low of 2.08 tons in 1980. The 1961–1980 average is 3.64. Fishing effort, total catch, and catch per day's fishing are plotted in Figure 29 for 1961–1980. In general, catch tends to be higher in years when effort is high. There does not appear to be long-term trend in catch per day's fishing, but there is a suggestion of a downward trend in catch.

#### *Analysis of bluefin data from Japan*

During 1981 20 length-frequency samples and 1 length-weight sample of bluefin caught off southeastern Shikoku, Japan, were taken. The details on these are as follows:

Sample type	Months	Number of samples	Number of fish	Length range (cm)	Length-weight relation
Length-frequency	July–Sept.	20	1,934	16-30	—
Length-weight	July	1	34	16-23	$y = 3.73x - 15.0$

\* $x$  = natural logarithm of length in millimeters and  $y$  = natural logarithm of weight in grams.

#### *Bluefin age studies*

During 1981 work continued on attempts to determine the age of bluefin based on the analysis of marks on hard parts. A portion of the 1980 hard part samples were processed and the data analyzed. Sampling continued in both the eastern Pacific and Japan and, in an effort to validate marks on the hard parts, a tetracycline marking experiment was initiated in conjunction with the Commission's bluefin tagging program in southern Japan.

Sampling in 1981 of scales, spines, fin rays, otoliths, and vertebrae was conducted in the same manner as in 1980. A two-phase sample, in which a length-frequency sample was taken and every fifth fish of the length frequency was sampled for hard parts, was obtained from 13 vessels, representing almost 50% of the catch, compared to 16.9% in 1980.

In Japan, four random samples of 50 fish were taken from Kochi fish markets and nearby holding pens. In addition, 2,134 bluefin from 15-22 cm were measured, although the hard part samples were not necessarily from the same fish as the length samples.

Hard part ageing studies usually rely on a mark on one or more of the hard parts to indicate age of the fish. The time when the mark was formed is therefore germane to any study. Marks in Pacific bluefin hard parts have been identified by

several investigators, but the evidence given to interpret the temporal significance of the marks seems largely circumstantial. The analysis of tagging data and modal progressions has been used to determine the growth of bluefin, but the absolute age of individual fish has not been determined. However, it is hoped that the tetracycline marking experiment mentioned above will permit us to do so.

Tetracycline is a calcium-specific agent which is incorporated into the hard parts (especially the otoliths) during growth, the effect being the creation of an artificial mark whose time of formation is known. Since bluefin otoliths have marks similar to those known to be of daily periodicity in other tunas, upon recapture of a tetracycline-marked fish the number of increments from the mark to the edge of the otolith can be counted. Comparison of that value to the number of days the fish was at liberty can then be made, to determine the significance of the increments. If the marks are indeed daily, total counts from the primordium to the edge can be made, thereby determining the age of the fish. This age can then be compared to the number of marks on the other hard parts to validate their temporal significance. Previous studies by various investigators are inconclusive concerning whether or not the tetracycline mark is visible in scales, spines or fin rays of tunas. Vertebrae, however, were not examined by these investigators, but will be in this study.

Anticipating this validation, a single bluefin otolith from a 70.8-cm fish was replicated and the increments counted by two individuals. Five counts produced a mean of 755 increments. Age estimates based on both the scale and spine marks for the same fish were 2+ years.

About 880 tetracycline-injected bluefin were released at Shikoku in the summer of 1981, and to date 15 to 20 have been returned to various cooperating agencies in Japan. Only one has reached the La Jolla laboratory, but it has not been analyzed yet other than to verify the presence of the mark.

The scales collected during 1980 were processed and read. Of 150 sampled, 129 (86%) were readable. Each scale was measured from the focus to each mark and to the edge using a scale projector, and the number of marks was tallied. The mean age of the fish at capture was estimated from the number of marks on the scales assuming one mark per year, pending validation, and also by back calculating the age to each mark by the equation

$$L_a = (L_c) (R_a)/R_c$$

where

$L_a$  = fork length of fish at mark  $a$ ,

$L_c$  = fork length of fish at capture,

$R_a$  = radius of the scale at mark  $a$ , and

$R_c$  = total radius of the scale

A distribution of lengths at age was generated, and the results appear in Table 14, parts a and b.

Due to the preponderance of fish with two marks and the paucity of fish with one and three, the "age-1" and "age-3" data are greatly influenced by the "age-2" data in the back calculation using all marks (Table 14, part c).

The data in Table 14, part b, were fit to the von Bertalanffy growth equation in an attempt to compare the results to previous studies. The values generated for this study (Table 14, part d) are lower, probably due to the abundance of "age-2" data. Questions concerning the validity of these preliminary estimates should be answered by comparison with the otolith data, which are not yet completed.

A random sample of 28 otoliths from both eastern Pacific and Japanese samples was selected and measurements of the primordium-postrostrum distance made in anticipation of replication and counting of the daily increments. A regression was performed with the resultant equation of

$$PR_{oto} = 0.0631 + 0.0053 FL$$

where

$PR_{oto}$  = primordium postrostrum distance (mm)

$FL$  = fish length (mm)

Thirty first-dorsal spines collected from the fish corresponding to the scale samples were also processed. Of that sample, 20 were comparable to those with complete scale data and 14 (70%) agreed with the scale reading on the same fish.

Future studies will emphasize the validation of marks utilizing data from the tetracycline-marking experiment. The Far Seas Fisheries Research Laboratory and other agencies in Japan have been extremely helpful in instituting the tetracycline project, and their assistance is gratefully acknowledged.

### **Black skipjack studies**

A life history study of black skipjack (*Euthynnus lineatus*) was initiated in August 1980 with a sampling program designed to obtain samples of lengths, weights, stomachs, and ovaries from 50-100 specimens per area/month stratum from fishing areas throughout the eastern Pacific over a period of one year. The sampling program has been reasonably successful due to the efforts of Commission personnel at ports in California, Puerto Rico, Mexico, Panama, and Ecuador. In addition samples were collected in Puntarenas, Costa Rica, by Mr.



Mario Rojas, a fisheries biologist employed by the Costa Rican Ministerio de Agricultura y Ganadería, who provided invaluable assistance in this project.

The areas utilized for sampling purposes and preliminary statistical analysis presented herein on sex ratios are shown in Figure 30, which are the same areas utilized by the Commission for length-frequency sampling of the primary species of tuna. Additional black skipjack samples have been obtained from the fish market in Panama, from fish captured inside the Gulf of Panama (a separate area) by artisanal fishing boats and incidentally by anchoveta seiners and shrimpers. The actual number of fish sampled by area and month are shown in Table 15.

### ***The 1981 fishery***

The landings of black skipjack by the eastern Pacific tuna fleet by flag of vessel and country of landing are shown in Table 2. The majority of the black skipjack captures and landings were by Ecuadorian-flag vessels between May and October. The principal catches were made in an area off Ecuador and Colombia between about 1°N and 4°N, and east of 82°W.

### ***Length-frequency data***

Length-frequency samples of black skipjack were collected from the landings infrequently prior to 1980. An important aspect of the black skipjack life history project initiated in 1980 is to collect a sufficient amount of length-frequency data to make at least crude estimates of growth rates, year-class abundance, mortality, and yield-per-recruit.

In 1981 over 72 length-frequency samples from the landings of black skipjack by baitboats and purse seiners were collected in ports at the above locations. The annual length-frequency distributions of black skipjack sampled from the eastern Pacific Ocean during 1976-1981 are shown in Figure 31. The preliminary estimate of the average weight of black skipjack for 1981 is 2.9 pounds (1.3 kg).

### ***Length-weight relationship***

The length and weight were measured from 3,267 black skipjack captured by purse seiners from throughout the eastern Pacific during 1980 and 1981. Fork length (millimeters) was measured by calipers. The round weight was measured to the nearest ounce, recorded in pounds and later converted to kilograms. The range in length of the data used is 281-640 mm ( $\bar{L} = 452.32$  mm), with the range in weight being 0.37-4.45 kg ( $\bar{W} = 1.719$  kg). The following linear regression was derived between the natural logarithms of the variables:  $\log W = -11.3781 + 3.0683 (\log L)$ , where  $W$  is weight (grams) and  $L$  is fork length (millimeters). The coefficient of determination,  $R^2$ , is 0.963. Standard errors of the first and second constants in the equation are 0.0639 and 0.0105 respectively. The equation is equivalent to:  $W = 0.0000114L^{3.0683}$ . The data points are plotted along with the regression line in Figure 32.

Regression equations have been derived for each sample separately, in addition to groups of samples by areas, quarters, and sexes. The groups will be compared by analysis of covariance to determine if significant differences exist in the length-weight relationships of these various strata.

### ***Sex ratios***

During the field sampling of stomachs and ovaries, records were kept of the lengths and sexes of all individual fish sampled. The gonads from fish which could not be sexed in the field by gross examination were preserved, and an attempt will be made to identify these in the laboratory.

Sex ratios obtained from black skipjack captured by purse seiners were analyzed for only those samples for which sex identification of all fish was possible. The sex ratios are of interest in that a significant departure from the expected 1:1 ratio occurs for the total numbers of males and females, resulting from a dominance of males. The number of male and female fish obtained during this sampling grouped according to areas (Figure 30), and quarters of the year are given in Table 16, with chi-square goodness of fit analysis. The nonsignificant heterogeneity chi-square,  $0.05 < P < 0.10$ , shows the samples to be homogeneous, and therefore it is justifiable to perform a chi-square goodness of fit on the pooled data.

A significant departure from the expected 1:1 sex ratios occurs in two of the northern areas during the spring and summer months. Although presently no evidence is available, the preponderance of males captured by the fishery is presumably correlated with differential distribution and biological behavior between the sexes during the spawning season. Analysis will be conducted on the disparities in the assumed 1:1 sex ratios of black skipjack within different strata after the completion of identification of unsexed fish, along with determination of sexual conditions and feeding habits of fish within samples. The possibility that there is a departure from the expected 1:1 sex ratio within certain size groups was investigated. Chi-square tests of males and females grouped by 5-cm length intervals for all areas indicated a significant departure from the expected 1:1 sex ratio for fish greater than 50 centimeters, due to a dominance of males (Table 17). A correlation presumably exists between the preponderance of males and scarcity of females for fish in the size range greater than the minimum size at sexual maturity within schools of black skipjack. However, before any such hypothesis can be tested a good deal of laboratory work must be completed on the sexual condition and feeding habits of individual fish within samples.

## **TUNA-DOLPHIN INVESTIGATION**

The tuna-dolphin investigation was established as a result of an initiative at the 33rd meeting of the Commission, held in Managua, Nicaragua, in 1976.

Functions of the program were outlined at the 34th meeting of the Commission, held in San Diego in 1977. Funding was received in late 1978 and full operation began in 1979. The objectives of the investigation are the maintenance of high levels of tuna catch while attempting to reduce dolphin mortality and ensuring the survival of all dolphin stocks involved in the fishery. Despite a decrease in the amount of yellowfin caught in association with dolphins in recent years, this method of catching the fish is still an important part of the fishery, producing much of the total annual tonnage of yellowfin (Table 18).

### Data collection

Training sessions were held in Panama and the U.S.A. in 1981 to instruct scientific technicians in the identification of the major species of marine mammals encountered in the eastern Pacific tuna fishery, school-size estimation, identification of dolphin behavior, purse-seine gear and fishing operations, data collection methods and shipboard etiquette.

The method used in determining the design for sampling international purse-seine trips for 1981 involved arbitrarily dividing the calendar year into three intervals. Allocation of the number of trips by the flag vessels of participating countries to these intervals was accomplished by using a sampling design which minimized the variance of the estimate of the total kill of dolphins by the participating fleets. The countries whose fleets were included in the sample were the member nations Panama and the United States and the non-member nations Costa Rica and Venezuela. (The member nations Canada, France, Nicaragua and Japan were excluded because they currently do not have purse-seine vessels operating in the eastern Pacific surface fishery.) In addition, Mexico and the Commission have been working on an agreement under which Mexico will also participate in the program. In anticipation of this agreement an arbitrary number of trips were also allocated for Mexican seiners. The number of trips scheduled for each country and the number of trips actually sampled in 1981 (including one incomplete trip) were as follows:

Trips scheduled for 1981				
	Interval I	Interval II	Interval III	Total
Costa Rica	0	2	1	3
Mexico	6	7	7	20
Panama	2	3	2	7
U.S.A.	25	19	27	71
Venezuela	0	2	1	3
Total	33	33	38	104

## TUNA COMMISSION

## Trips sampled in 1981

	Interval I	Interval II	Interval III	Total
Costa Rica	0	1	0	1
Mexico	0	0	0	0
Panama	1	1	1	3
U.S.A.	19	15	21	55
Venezuela	0	0	0	0
Total	20	17	22	59

Several factors have contributed to the difference between the number of trips planned and the number sampled. These include delays in the finalization of an agreement with Mexico, the transfer of vessel registry from one nation to another, internal difficulties experienced by participating nations, vessels selected for sampling fishing in areas other than the eastern Pacific and the sinking of certain vessels selected for sampling.

**Observed dolphin mortality for 1981**

The sample of the international fleet in 1981 consisted of 59 trips, including one incomplete trip and six 1980 trips which carried over into 1981. The sampled vessels made a total of 1513 sets on tunas associated with dolphins in 1981 and the following mortality by species was observed:

Offshore spotted dolphin	3371
Coastal spotted dolphin	55
Unidentified spotted dolphin	59
Eastern spinner dolphin	421
Whitebelly spinner dolphin	1000
Costa Rican spinner dolphin	29
Unidentified spinner dolphin	9
Common dolphin	198
Striped dolphin	12
Others	12
Unidentified dolphins	<u>52</u>
Total	5218

**Marine mammal data base**

Since its inception in 1978, the tuna-dolphin investigation has been concerned with the collection of data by sea-going technicians aboard tuna purse-seiners. These data include information useful for investigation of dolphin mortality incidental to purse seining for tunas, dolphin abundance, dolphin behavior relative to the fishery, and gear problems which cause increased mortality. Together, they make up the marine mammal data base. Commission staff is involved full-time with editing incoming data, entering them into the Commission computer and checking them for errors before they are available for analysis.

that the number of dolphins killed for each trip can be predicted more accurately by using the number of tons of tuna caught in association with dolphins per trip rather than the number of dolphin-associated sets per trip. The data were stratified into those collected from the U.S. fleet and those collected from the non-U.S. fleet because of differences in sampling intensity (Table 23) and because there is a possibility that rates of mortality may differ. No major differences in mortality rates have been observed among non-U.S. fleets. The data were also stratified by species of dolphin because there are differences in mortality rates for the different dolphin species involved in the purse-seine fishery (Tables 19-22).

As the method for calculating estimates of dolphin mortality is different this year, a brief description of it is given below. All the sets made on tuna associated with dolphins made during each trip were treated as a cluster sample. The relationship between tons of fish caught and number of dolphins killed for each trip is approximately linear, so that the kill-per-ton ratio estimator is given by

$$\hat{R}_j = \frac{\sum_{i=1}^n k_{ij}}{\sum_{i=1}^n t_i}$$

where  $k_{ij}$  is the number of species  $j$  killed in trip  $i$ ,  $t_i$  is the tons of tuna caught in trip  $i$  and  $n$  is the number of sampled trips which made sets on dolphin-associated tuna.

The total estimated kill is then given by

$$\hat{K}_j = \hat{R}_j \cdot T$$

where  $K_j$  is the total estimated kill of species  $j$  and  $T$  is the total tons of tuna caught in all sets on tuna associated with dolphins.

In this analysis,  $T$  is treated as a constant in order to simplify the calculations of variance estimates. In fact, it is estimated from various sources of information and involves multiplying the estimated total number of sets on dolphin-associated tunas by the mean catch-per-set for identified sets of this type. For this reason, the calculated variances of total mortality are underestimated, although the variance of  $T$  is probably small compared to the variance of  $R_j$ . Variances were calculated as

$$\text{var } (\hat{K}_j) = \frac{N(N-n)}{n(n-1)} \left( \sum_{i=1}^n k_{ij}^2 + \hat{R}_j^2 \sum_{i=1}^n t_i^2 - 2\hat{R}_j \sum_{i=1}^n k_{ij}t_i \right)$$

where  $N$  is the total number of all trips which made sets on dolphin-associated tunas.

Estimates of total mortality and their standard errors by species and by the U.S. and non-U.S. fleets are given in Table 25. In past years, the data have also been stratified by the number of sets per trip, and it is likely that the estimates of standard error could have been reduced had this been done this year.

The standard errors of the estimates for the U.S. fleet are small, reflecting the large proportion of fishing trips sampled in this stratum. For the non-U.S. fleet, however, they are large, reflecting the small sample in this stratum. In the Commission's Annual Report for 1980 (p.42), a Monte Carlo simulation was described which revealed that estimates of standard errors were biased downward and that 95% confidence intervals were asymmetrical and larger than  $\pm 2$  standard errors for the kill-per-set data because they were skewed. These features were more pronounced for small samples than for large samples and for common dolphins than for spotted dolphins. Although such a simulation has not been done here for the kill-per-ton data, it is likely that similar features apply to these data.

Table 26 shows, for comparison, estimates of mortality and their standard errors calculated using the kill-per-set ratio estimator. The standard error of the total mortality estimates by species is larger for spotted and whitebelly spinner dolphins, but smaller for eastern spinner and common dolphins, than each corresponding standard error of estimates made using the kill-per-ton ratio estimator. The large difference in the total estimated mortality is due almost entirely to the high estimate of non-U.S. mortality of spotted dolphins using the kill-per-set ratio estimator.

The results of the analyses for 1981 once again emphasize that while estimates of dolphin mortality incidental to purse-seining operations are adequate for the U.S. fleet, they are inadequate for the non-U.S. fleet. This situation will remain unchanged until the Commission is able to sample a greater proportion of fishing trips from the non-U.S. fleet.

### **Estimates of abundance of eastern spinner dolphins**

The Commission, through its tuna-dolphin investigation, is committed to try to maintain tuna production at a high level while maintaining stocks of dolphins at or above levels that ensure their survival in perpetuity. One of the components of assessing the status of a stock of dolphins is to search for evidence of a positive or

a negative trend in estimates of population abundance over a period of time. Scientific technicians aboard tuna seiners collect data which can be used to calculate such estimates of abundance using the techniques of line transect sampling. The details of these techniques and the biases incurred by violating the assumptions of the method have been described in the Commission's Annual Reports for 1979 (pp. 53-56) and 1980 (pp.43-48).

Two species of dolphin support the majority of fishing for tunas associated with dolphins in the eastern Pacific Ocean; the spotted dolphin, *Stenella attenuata*, and the spinner dolphin, *Stenella longirostris*. Of these, the eastern race of the spinner dolphin is thought to have suffered the heaviest mortality incidental to purse-seining operations. Some protection is currently provided for this race by U.S. law which forbids seiners of U.S. registry to set their nets around schools of eastern spinners. Some other countries whose nationals fish for tunas associated with dolphins also have legislation concerning the protection of dolphins. Since large numbers of animals are believed to have been taken from the eastern spinner population and because mortality incidental to tuna fishing is continuing (albeit at a reduced rate), there is some cause for concern that this population of dolphins may not be at or above a level that ensures its survival.

Consequently, Commission staff has concentrated on calculating estimates of abundance of eastern spinner dolphins. The estimates presented below have been made using data collected by U.S. NMFS technicians aboard U.S. seiners and made available to the Commission by that organization. The Commission has similar data collected from the international fleet since 1979, and these will be available for detailed analyses in 1982. The increased sample sizes for the years beginning in 1979 should improve estimates of abundance made in these years.

In the analyses made here, the data were stratified into three areas (Figure 34). Area A1 represents the region believed to be inhabited only by eastern spinners. Area A2 is the region where the eastern spinner range is thought to overlap with the whitebelly race of spinner dolphins. Area A3 is the region believed to be inhabited only by the Costa Rican race of spinner dolphins. These areas were treated differently in the analyses. Area A3 was ignored since eastern spinners are assumed not to occur there. In area A1, all sightings of unidentified spinner dolphins were assumed to be eastern spinners. In area A2, two estimates of density were calculated; one assuming that all unidentified spinner dolphin sightings were of eastern spinners and the other assuming that none were. There is little information to give an indication of the proportion of unidentified spinner schools in area A2 which were eastern spinners and no assumptions have been made concerning this.

Figure 35 shows estimates of the density of schools of eastern spinner dolphins for 1977 through 1980. Two estimates are given for each year. The higher one includes all unidentified spinner dolphin schools seen in area A2 and the lower one does not. The best estimate lies between these two extremes.

Figure 36 shows estimates of the number of eastern spinner dolphins for 1977 through 1980. These have been calculated by multiplying the estimates of density of schools in each of the two areas, A1 and A2, by the associated estimate of mean school size and by the size of the area, and summing them. Again, two estimates are given for each year and these are analogous to those in Figure 35. Figure 37 shows estimates of the overall mean school size of eastern spinners calculated from data recorded by the scientific technicians. These are simply the estimates from Figure 35 divided by the corresponding estimates from Figure 36. They illustrate the variation in estimates of mean school size, which is directly translated into estimates of total numbers of dolphins.

It is known that these results are subject to potential biases because of violation of certain of the assumptions which need to be made for line transect sampling techniques to give accurate estimates of abundance. Some of these biases can be assumed to be constant. There is no reason to believe that error in recorded angles and distances of sighted schools from the vessel, errors in estimates of school size, or the movement of schools in response to approaching vessels have changed in the area under investigation during the time period studied. Other biases may have changed between years. Differences in the distribution of searching effort relative to the distribution of dolphins and differences in weather conditions affecting the probability of seeing and recording every school in the vicinity of the vessels' lines of search would result in year to year variation in addition to normal sampling variation. Until methods are developed to quantify these biases, a longer series of estimates will be necessary to detect any upward or downward trend in estimates of abundance.

### **Aerial photographic study**

During November and December 1980 an aerial photographic study was conducted off the coast of Mexico. Details of the objectives of this study and of the flights and photography have been described in the Commission's Annual Report for 1980 (pp. 49-50). Work during the past year has concentrated on determining the length frequency distribution for the 100 photographed dolphin schools for estimation of reproductive rates, and comparing the school size estimates by observers with counts made from the photographs. Dolphin images on these photographs are being measured with a mono-comparator, which is an extremely accurate optical measuring device. Actual lengths can be calculated from the following equation:

$$L = \frac{H}{f} i$$

where

$L$  = actual length

$H$  = altitude of aircraft



$f$  = focal length of camera lens

$H/f$  = scale

$i$  = image length

Measured image lengths are typically made from the tip of the rostrum to the posterior edge of the tail fluke. Actual lengths must be adjusted to standard lengths (tip of rostrum to notch of fluke) for comparison with previously published length distributions.

Preliminary analyses on some initial data (not yet converted to standard lengths) have been conducted to assess how much information can be expected to be obtained from them. The most important features of the data are (i) the presence of modes indicating pulses in calf reproduction or survivorship, (ii) how distinct these modes are, indicating how much variability there is in each pulse, (iii) how many modes there are and the intermodal distances indicating the age groups which the modes represent, and (iv) the relative size of each mode indicating the strength of each age-class.

These features have been investigated by separating the data into their component distributions using a computer program which requires data on the number of distributions and the approximate values of their means and standard deviations, and gives the fitted means and standard deviations and the percentage of the total sample accounted for by each distribution. Figure 38 shows a set of length data grouped into frequency histograms from a school of Costa Rican spinner dolphins, an overall fitted frequency distribution, and the positions of the means of the component distributions.

By comparison with published growth rates from related dolphin populations these preliminary results indicate that the modes apparent at the left side of the figure represent 6-monthly pulses in reproduction, each accounting for roughly 3-4% of the total sample. Analyses on reproductive parameters and dolphin school structure are continuing. It is estimated that a total of approximately 44 schools are suitable for analysis.

School size was estimated by observers aboard the aircraft and from counts made from the aerial photographs. These estimates are currently being compared. Preliminary results from comparison of 45 schools indicate that aerial observers typically underestimated the size of large schools of greater than 1,000 dolphins.

### **Gear program**

In the late summer and fall of 1980, the Commission deployed five anchored fish aggregating devices (Figure 39) in deep waters (1,700-2,100 fathoms) of the eastern Pacific Ocean in an effort to determine whether tunas could be attracted

to man-made anchored objects in that area in numbers large enough to support successful purse seining (see Commission's Annual Report for 1980, pp. 51-52). Such devices could possibly provide an alternative to fishing for dolphin-associated tuna. The rafts were placed outside the 200-mile fishing zones of coastal countries, and vessels were notified of their positions and asked to supply information to the Commission concerning any checks made on the rafts or any tuna catches made in association with them. During the period that the rafts were in position there were a reported 26 visits by fishing vessels to the rafts. The exact length of time that each raft remained anchored could not be determined, but the number of days from their deployment to their last sighting ranged from 62 to 137 days. All of the rafts reportedly attracted varying amounts of forage fish, as well as tunas. A total of only three sets were reportedly made on tunas associated with the anchored rafts, two sets on one raft that resulted in a catch of 8 tons of yellowfin and 8 tons of skipjack, and one set on another raft for 5 tons of mixed yellowfin and skipjack. Thus, a total of approximately 21 tons of yellowfin and skipjack was captured in association with the anchored rafts. All of the fish caught were described as being small. This fact would seem to preclude using these rafts to attract dolphin-associated tunas, since the latter are normally quite large.

Two of the rafts were seen drifting at sea by vessels, but information from these sightings has not made it possible to determine the causes of their breaking free from their moorings. Two vessels made sets on tuna associated with one of the drifting rafts, one vessel making a set for 15 tons of skipjack and 5 tons of yellowfin tuna, and another vessel making a set for 13 tons of skipjack and 2 tons of yellowfin tuna, a total of 35 tons of tuna. Again, the fish were reported to be small.

For anchored fish aggregating devices to be successful in the competitive high-seas tuna fishery in the eastern Pacific Ocean, it is likely that many devices would have to be deployed and some type of maintenance system would be necessary for them to remain productive.

The Commission has been testing an experimental "backdown board" that was designed to prevent the net from collapsing during backdown. The board is similar in design and principle to the otter boards used by trawlers to keep their trawl nets open (Figure 40). It has been tested on four occasions during purse seiner net trials in local waters, and several structural changes have been made. Thus far, the board has not produced the desired results, although the tests have shown that backdown channel collapse might be prevented by simply running a line from the vessel's stern to a point on the stern side of the backdown channel corkline. The board will continue to be tested on an opportunistic basis.

An analysis of the Commission's 1981 dolphin set data shows that 11.2% of all observed dolphin sets for the year were sets during which the sun set prior to the

end of the backdown procedure (sundown sets). This means that all or part of backdown is taking place in reduced lighting conditions ranging from twilight to complete darkness. These sundown sets accounted for 31.2% of all the observed dolphin sets that had kills of 10 or more animals. Also, an average of 6.2 live animals were left in the net after backdowns during sundown sets, as compared to 2.2 live animals left in the net after backdowns during sets where the sun did not set. This could be a result of reduced visibility of the vessel operator and the dolphin rescuers at night. Vessels use some lighting at night to aid in the backdown procedure, but the backdown channel and apex are not illuminated continuously.

In May, several lighting systems were tested aboard a chartered purse seiner, the M/V *Santa Elena*, during a night backdown in order to evaluate their effectiveness in providing increased surface visibility of the backdown channel for both the vessel operator and dolphin rescuers. No dolphins were in the net during the test set. Two of the lights tested, a commercially-made floodlight and a Commission-built light panel were considered the most effective. The light panel was loaned to one vessel for two fishing trips, but the vessel did not have the opportunity to test the light panel. The floodlight, a 1000-watt high-pressure sodium light, was loaned to two separate vessels for one fishing trip each, but the light was tried during only one late set. The captain and dolphin rescuers of the vessel that tried the light believed that the light adequately illuminated and aided dolphin rescue in about two-thirds of the channel, but did not have the power to illuminate the apex. The Commission has obtained five more of these floodlights to lend to vessels carrying IATTC technicians for further testing during 1982.

A seminar concerned with the reduction of dolphin mortality was presented by the staff for tuna fishermen in Ensenada, Mexico, in mid-January. The two-day meeting, attended by approximately 120 people, was held in coordination with the Instituto Nacional de Pesca de Baja California Norte. Discussions during the seminar centered on fishing gear and procedures proven effective in reducing incidental dolphin mortality in the purse-seine fishery of the eastern Pacific. In addition, the Commission's anchored raft project was described, and a review of the status of the tuna stocks in the eastern Pacific Ocean was provided by the Director of Investigations. Dr. Guillermo Compean of Mexico's Departamento de Pesca gave presentations on the Mexican tuna-dolphin program and the Atlantic bluefin fishery.

In early January, prior to the Ensenada seminar, the gear staff was in Panama meeting with captains and crewmen of vessels to discuss dolphin release gear and procedures, gear problems, dolphin mortality levels in the international fleet, and Commission projects, and to distribute literature concerning the reduction of mortality. Vessels of the international fleet were also visited throughout the year in San Diego.

Data collected by Commission technicians aboard purse seiners are frequently reviewed by the gear staff, especially for those trips where there is above average dolphin mortality. Causes of high mortality are determined and, if possible, the gear staff meets with the captain of the vessel to discuss the problem and possible solutions. Six such meetings were held during the year. In most cases, a large percentage of the mortality was attributable to improper alignment of the dolphin safety panel, which can easily be corrected.

Purse seiners of the international fleet with Spanish-speaking crews are being given Spanish versions of a U.S. NMFS film concerning the prevention of dolphin mortality during purse-seining operations. The text was translated by Commission staff. The film, entitled "Purse Seining and Porpoise Safety," has been distributed in video cassette form to 29 vessels in the past year. Approximately 76 U.S. vessels have been given an English version of the film over the past two years by the U.S. Porpoise Rescue Foundation.

The breakdown of the types of dolphin safety panel in use, as can best be determined, by the 201 purse seiners of the international fleet that are large enough to be outfitted for fishing for tunas associated with dolphins (size classes 4, 5, and 6) and which fished in the eastern Pacific Ocean during the past year is as follows:

Equipped with superapron and fine-mesh safety panel (all 1¼ inch mesh)	112
Equipped with fine-mesh safety panel only (1¼ inch mesh)	60
Equipped with 1½ inch mesh safety panel	2
Equipped with 2 inch mesh safety panel	5
Not equipped with any dolphin safety panel	15
Type of panel unknown	7
Total	201

Those vessels that do not employ dolphin safety panels in their nets do not necessarily fish for tunas associated with dolphins, although the vessels may be equipped to do so. The five vessels with 2-inch mesh safety panels are smaller U.S. boats that are not required to have dolphin safety panels according to current U.S. regulations. The 2-inch mesh was a requirement several years ago prior to the introduction of 1¼ inch mesh.

### **Workshop on tuna-dolphin interactions**

By October 1980 the tuna-dolphin investigation of the Commission had been

engaged in a program of data collection and research for two years, and it was considered by Commission staff to be an appropriate time to convene a workshop for discussion of the interactions between tunas and dolphins in the eastern Pacific Ocean. Accordingly, a workshop was held from April 6 through 10, 1981, in Managua, Nicaragua. The meeting was open to scientists from member nations of the Commission, from other countries whose nationals fish for tuna associated with dolphins, and from other organizations with an interest in tuna-dolphin interactions or related problems. It was attended by staff members of the IATTC and scientists from Costa Rica, Mexico, Nicaragua, Panama, the United Kingdom, and the United States.

As a guide to their discussions the participants tried to satisfy the terms of reference, which were:

1. to review the current knowledge of subjects concerning tuna-dolphin interactions in the eastern Pacific Ocean;
2. to discuss the possible forms of tuna-dolphin interactions;
3. to discuss the management of the tuna-dolphin complex in terms of the above;
4. to discuss areas of necessary and effective research to determine the nature of tuna-dolphin interactions;
5. to suggest future experiments and surveys for this purpose.

Background documents were made available to the participants; these included review manuscripts prepared by Commission staff specifically for the workshop on the subjects of natural mortality of dolphins, estimation of dolphin abundance and dolphin stocks in the eastern Pacific.

The discussions produced many ideas for continuing and future research, and these are summarized below.

1. To correlate dolphin distributions with changes in oceanographic features such as sea-surface temperature and thermocline depth, especially in years when anomalous conditions exist, such as El Niño.
2. To monitor the movements of dolphin schools close to the stock boundaries currently used for management purposes.
3. To continue to collect morphological and meristic data from dolphins killed incidental to purse-seining operations.
4. To look for differences in patterns of increments in tooth sections of dolphins to try to distinguish among stocks.
5. To investigate further the extent of polymorphism in more enzyme loci in dolphins.

6. To continue investigation of the possibility of using “natural tags” such as parasites to differentiate dolphin stocks.
7. To obtain blood samples of live dolphins in order to determine unbiased estimates of pregnancy rates.
8. To attempt to make more use of sets which kill large numbers of dolphins to obtain data which are less biased.
9. To investigate the possible segregation of dolphins into schools by sex and age.
10. To develop methods to estimate dolphin mortality on fishing trips without technicians.
11. To investigate the physiological effects of capture and release on dolphins.
12. To develop methodology to estimate dolphin population density directly from angles and distances from schools to vessels.
13. To investigate the effects of weather on the probability of sighting dolphins in the vicinity of the line of search of vessels.
14. To continue to investigate the randomness of tuna seiner searching effort with respect to dolphin distributions.
15. To develop the technology for accurate measurement of angles and distances to schools from survey vessels.
16. To investigate the differences between estimates of mean school size made from different sighting platforms.
17. To develop and analyze simple models of tuna-dolphin interactions.
18. To look for differences between the dynamics of yellowfin prior and subsequent to the onset of heavy dolphin mortality.
19. To develop complex simulation models of tuna-dolphin interactions in order to predict the outcome of potential management decisions.
20. To study the ecology of prey patches with respect to tuna and dolphins.
21. To study the comparative feeding ecology of different species of dolphins.
22. To continue to investigate trophic food chains in the eastern Pacific Ocean.
23. To continue the analysis of tuna and dolphin stomach contents.
24. To tag and track tuna and dolphins found in mixed species aggregations.
25. To investigate the association between yellowfin and common dolphins, which occurs irregularly.
26. To investigate areas of ocean with similar oceanography, but different frequencies of tuna-dolphin association.

These research suggestions are being used by Commission staff as a guide to the planning of its future research.

A report on the workshop to be published in the Commission series of Special Reports is currently in press.

The workshop was conducted with the assistance of the Instituto de Pesca of Nicaragua, whose cooperation is gratefully acknowledged.

## **OCEANOGRAPHY AND TUNA ECOLOGY**

### **Skipjack and the wind-mixing index**

The methods of calculating the mean wind velocities and sea-surface temperatures (SST's) within the average limits of the 82°F SST's in the skipjack spawning area of the central Pacific have been described in the Commission's Annual Report for 1980. Waters with SST's exceeding 82°F (27.8°C) are considered to be favorable for spawning, or for the survival of skipjack larvae, or both.

The amount of mixing of water caused by wind is roughly proportional to the cube of the wind velocity. It has been proposed that the wind-mixing index ( $W^3$ ) is inversely related to the degree of concentration of food organisms in layers where fish larvae feed (see Commission's Annual Report for 1980). A low index in the skipjack spawning areas may indicate good feeding conditions for the skipjack larvae and better survival rates, while a high index may indicate poor feeding conditions, owing to the breakdown of layers and the dispersal of food, and consequent lower survival rates for the skipjack larvae.

Wind velocity and sea-surface temperature (SST) data from radio transmissions of ships at sea that were originally used were obtained from the National Marine Fisheries Service, Southwest Fisheries Center. An additional data set from logbooks of ships returned to port was supplied in 1981 by Dr. Brian C. Weare, Department of Land and Water Resources, University of California at Davis. Because some 5-degree areas sometimes had radio data but no logbook data in some months, and at other times had logbook data but no radio data, the two data sets were combined in order to have data in as many 5-degree areas and months as possible. The additional logbook data extended the record back two more years, from 1961 to 1959, and greatly improved the area coverage for the early 1960's.

Earlier investigations suggested that the strength of year-classes of skipjack may better be measured by using catch rates of age-1+ fish in the first three quarters only, rather than the annual catch rates of age-1+ fish, or catch rates of fish of all estimated ages including age-0+ and age-2+ fish assigned to the same

year class. Accordingly, the catch rates discussed here are for age-1+ fish in the first three quarters only.

Because of the small number (20) of annual indices of skipjack abundance, wind-mixing, and SST presently available, non-parametric methods of analysis were used that do not require distributions to be normal and variances to be similar. One such test is Spearman's correlation coefficient for ranks ( $r_s$ ), where the data are ordered according to size and the standard correlation coefficient calculated from the ranks. The ranks of the catch rate (CR) during the 1961-1980 period were tested for correlation with the ranks of the wind-mixing index ( $W^3$ ), and the mean SST's within the designated area of water exceeding 82°F, at the presumed period of spawning approximately 1½ years earlier. For example, the CR for 1980 was associated with  $W^3$  and SST for the 12-month period, July 1978-June 1979.

Values of  $r_s$  and  $r_s^2$  (the amount of variation in the dependent variable that may be attributed to the independent variable) are shown below for CR based on three growth rates,  $W^3$ , and SST:

			CR		
SST			17 cm/year	24 cm/year	32 cm/year
$W^3$	$r_s$	-0.59**	-0.81***	0.79***	0.78***
"	$r_s^2$	0.35	-0.65	0.62	0.61
SST	$r_s$	—	0.40 n.s.	0.40 n.s.	0.38 n.s.
"	$r_s^2$	—	—	—	—

\*\* $P$  0.01; \*\*\* $P$  0.001; n.s., not significant,  $P$  0.05

As expected,  $W^3$  and SST are significantly correlated, because lower SST's are associated with stronger winds as a result of mixing.

Earlier investigations had shown SST's along the equator to be significantly correlated with annual catches of skipjack, so it is surprising to find that CR and SST within the 82°F area are not significantly correlated at the 5-percent level. CR and  $W^3$  are highly correlated ( $P$  0.0002) for all three growth rates, with  $R^2$  ranging from 0.61 to 0.65.

This means that, based on a linear growth rate of 24 cm/yr, 62 percent of the variation in the ranks of the catch rate of age-1+ skipjack during the first three quarters may be attributed to the ranks of the wind-mixing index. The data are plotted in Figure 41. The line fitted is a resistant line calculated by a non-parametric method which reduces the influence of outliers, such as 1972 and 1973. The preliminary catch rate for 1981, based on the first semester only, is the third highest since 1961.  $W^3$  for the 1980-1981 period is 2,192 knots<sup>3</sup> so the catch rate of age-1+ fish during the first three quarters of 1982 may be expected to be below average, indicating that the total catch in 1982 may also be below average.



The attempt at predicting the total catch of skipjack for 1981, given in the Annual Report for 1980, resulted in a value of 223,000 tons. This was based on  $W^3$  from radio transmissions only and a projected calculated total effort of 66,800 days of fishing standardized to Class-3 purse-seiner days. Actual calculated total effort was 51,500 days, or only 77 percent of the projected effort. Adjusting the original predicted catch for the decreased effort results in a modified predicted catch of 172,000 tons, which is 27 percent larger than the preliminary value of 135,400 tons for the actual catch of skipjack in 1981. No more attempts at predicting total catches will be made because of the large variations in effort in recent years making it impossible to estimate effort a year ahead.

### **Vulnerability of yellowfin tuna to purse seining in relation to vertical temperature structure.**

During the decade of the 1970's the Commission and the Southwest Fisheries Center, NMFS, in a cooperative program, collected and analyzed many hundreds of expendable bathythermograph (XBT) and surface observations taken aboard tuna boats in the eastern Pacific. From studies beginning in 1974, a hypothesis evolved that yellowfin in schools without dolphins may have been more vulnerable and/or available to purse seining when the 23°C and 15°C isotherms were close to the sea surface. This was based on the assumption that tunas usually do not attempt to escape from under the net when the bottom of the net is located in or below the bottom of a strong thermocline because of the low temperatures and low levels of oxygen there.

Throughout the CYRA temperatures in the upper part of the mixed layer are nearly always greater than 23°C in areas where yellowfin are captured. In the easternmost part of the CYRA the 23°C isotherm lies most frequently in the upper third of the thermocline (subsurface zone where temperatures decrease rapidly). The 15°C isotherm is located near the bottom of the thermocline where temperatures begin to change slowly with depth. The vertical distance between the 23°C and 15°C surfaces is inversely proportional to the thermocline strength.

Data from XBT's for the 1970-1980 period were analyzed and compared with yellowfin catch and effort data. When the numbers of XBT observations were insufficient in some months, the depths of the 23°C and 15°C isotherms were estimated from previously established relationships with air and sea surface temperatures (SST's), and wind velocities.

Catch rates of yellowfin (tons per hour of searching time) were computed from logbook data which provided searching times for more than 21,300 yellowfin school sets and 15,500 yellowfin/dolphin sets within the CYRA during the unregulated period from January through June. There were insufficient sets of yellowfin catches among individual boats in the CYRA during the 3rd and 4th quarters of most years to provide significantly more catch rate data. Nearly all fishing trips which made two or more sets within the CYRA between 20°N and

the equator in the same month and 5-degree area were used, and average catch rates per 5-degree area per month were computed. The statistical method of discriminant analysis was used to test whether significant associations existed between yellowfin catch rates and depth of the 23°C and 15°C isotherms. Catch rates were divided into three categories: <1.7, 1.7-2.7, and >2.7 tons per hour. Three categories of depth of the 23°C isotherm were selected on the basis of earlier studies which related yellowfin school fish catches to depths of the 23°C isotherm. In addition, for each category of 23°C isotherm depth, there were 15°C isotherm depths, vertical depth gradients (difference in depth between the 23°C and 15°C isotherms) and SST's. The isotherm depths, gradients, and SST's constituted the environmental parameters used as discriminators in the statistical analysis. From the three groups of catch rates and associated discriminating parameters, a discriminant function was found.

A Chi-square test ( $\chi^2 = 260$ ) revealed a high degree of association between catch rates and the 23°C isotherm depth. The 23°C isotherm depth was the only good discriminator of all the parameters, and it was highly significant ( $P < 0.001$ ). The depth gradient, which was a measure of the thermocline strength, was the only other significant discriminator. In order to check the adequacy of the derived function for distinguishing among the three catch rates, all of the cases (400 5-degree areas and months) in the yellowfin school study were reclassified with the discriminant function. The results are shown in Table 27. For all cases combined, 67.7% were placed in the correct catch rate category. The 23°C isotherm depth and vertical depth gradient discriminators showed the greatest skill (74%) and (70%) in placing the small catch rates (<1.7 ton/hour searched) and the large catch rates (>2.7 tons/hour searched), respectively. For medium catch rates (1.7 to 2.7 tons/hour searched) approximately 59% of the cases were properly reclassified. A discriminant analysis also was performed with 551 cases of yellowfin catches associated with dolphins. However, the results, shown in Table 28, were markedly different than with yellowfin school sets without dolphins. In this study the dominant discriminator was the vertical depth gradient (thermocline strength). The SST was a weak discriminator, and the 23°C and 15°C isotherm depths were not significant discriminators. For all cases, 58.3% were correctly classified with the discriminant function based on vertical depth gradients and SST's as discriminators. In the small and large catch rates, 69% were correctly classified in each category. There was no skill shown in distinguishing medium size catch rates with the available environmental parameters. The preliminary results of similar statistical tests with skipjack catch rates indicate that there was only a weak relationship between catch rates and the depth of 23° or 15°C isotherms.

These analyses, based on 11 years of data, support the hypothesis that yellowfin schools are more vulnerable and/or available to purse seining when the bottom of the net hangs in or below a strong thermocline. These results suggest that the vertical temperature structure, or related properties, such as oxygen

concentrations, or a combination of these, may determine the thickness of the habitat available to yellowfin.

Other non-environmental factors which may also influence the catch rate of yellowfin have been discussed in the Commission's Annual Report for 1980.

### **STATUS OF TUNA STOCKS IN 1981 AND OUTLOOK FOR 1982**

It is the responsibility of the Commission's staff to monitor the fluctuations in abundance of the tropical tunas of the eastern Pacific Ocean and to assess the effects of man's activities on their abundance. Each year scientific information gathered by the staff is used to make recommendations for the management of these species. This is accomplished by presenting the information in background documents and orally at the meetings of the Commission. To disseminate this information to the general public it is summarized in this annual report.

#### **YELLOWFIN**

The status of yellowfin has been evaluated by the application of general production models and age-structured models. Considering first general production models, when a population of fish has not been exposed to a fishery, it is at the maximum size that the environment permits. Lack of food, lack of suitable living space, presence of predators, *etc.*, prevent the population from growing beyond that maximum. When, over the long run, gains to the population by recruitment and growth are balanced by losses due to natural mortality, the population is said to go into equilibrium. There may be years of especially favorable environmental conditions when the population is greater than normal and years of especially poor environmental conditions when the population is less than normal, but these can be temporarily ignored in this discussion.

If one or more fishing boats began to fish on the population, the catch per unit of effort (catch per day of searching, for example), which is assumed to be proportional to the size of the population, would initially be relatively high, as the population would be at its maximum. The gains to the population would still include recruitment and growth, but the losses to the population would include not only natural mortality, but also fishing mortality. Thus the population would be reduced. In response to the reduction in population, the rates of recruitment, growth, and/or natural mortality would change, the gains from the first two exceeding the losses from the third. If the boats stopped fishing, this net gain would cause the population to increase gradually to its original size. As the population approached that size, the rates of recruitment, growth, and/or natural mortality would gradually approach their previous levels until they were the same as before the fishery began. The population would thus be restored to equilibrium at its maximum size. If the boats continued to fish at the same rate, however, the

population would eventually come into equilibrium with different rates of recruitment, growth, and/or natural mortality and a population size which was less than the original population size. The catch per unit of effort (CPUE) would still be proportional to the population size. If there were only a few boats, the population size would be only slightly reduced and the CPUE would be relatively high, but if there were many boats the population would be considerably reduced and the CPUE would be much lower.

The total catch would be the product of the CPUE and the total effort. If the fishing effort were relatively low, modest increases in effort would more than offset corresponding decreases in CPUE, resulting in higher catches, but at higher levels of effort such would not be the case. At some intermediate level of effort the product would be at its maximum. If the object of management is to obtain the average maximum sustainable yield (AMSY) of fish (which is the objective stated in the Commission's convention), the fishing effort should be maintained at that level. If the object is maximum profit, the effort should be somewhat less (assuming that the price remains constant), and if the object is maximum employment of fishermen the effort should be somewhat higher. If the effort is less than whatever optimum is selected, the population is said to be underfished, and if the effort is greater than that optimum, the population is said to be overfished.

It is easiest to consider the interrelationships of effort, catch, and CPUE at equilibrium conditions, but it must be recognized that such conditions are not always in existence. For example, if the population is at equilibrium near its maximum and the effort is suddenly increased, the CPUE will gradually decrease for a period before a new equilibrium point is reached with a lower CPUE. The catches will be greater during the period of transition than they will be at the new point of equilibrium. Likewise, if the population is at equilibrium at a low level and the effort is suddenly decreased the CPUE will gradually increase for a period before a new equilibrium point is reached with the higher CPUE. The catches will be less during the period of transition than they will be at the new point of equilibrium.

The question arises as to whether or not general production models are applicable to the yellowfin tuna fishery in the Commission's Yellowfin Regulatory Area (CYRA) (Figure 1). If so, the yellowfin which inhabit the CYRA must be a discrete population, *i.e.*, there must be relatively little interchange between these fish and those of the area outside the CYRA. If such models are applicable, that fact can be detected only if (1) the perturbations caused by fluctuations in environmental conditions are not so great as to mask the changes in apparent abundance caused by fluctuations in fishing effort, and (2) there are catch, effort, and CPUE data available for a wide range of levels of fishing effort, preferably including levels greater than optimum.

The extent of interchange of yellowfin between the CYRA and the area outside the CYRA has been studied, and the results are discussed in previous annual reports of the Commission. In summary, the results indicate that there is some intermixing of the fish inside and outside the CYRA, but that this is probably not sufficient to invalidate the use of the model. The effects of environmental conditions have also been studied and reviewed in previous annual reports. As far as can be determined, these effects balance out over fairly short periods of time, so they can be largely ignored without invalidating the use of the model.

The model was first applied with baitboat catch, effort, and CPUE data for the period of 1934–1955, which furnished a wide range of less than optimum effort. These data indicated that, within the ranges of fishing effort for which data were available, the population conformed to the model. In 1960 and 1961, for the first time, the effort was greater than optimum, and the population responded in the ensuing years with lower CPUEs and catches, which gave further indication that the model was applicable.

Effort has been mentioned, but so far no mention has been made of the fact that there are different kinds of effort, *i.e.*, baitboat, purse-seine, and longline effort, and effort by different sizes of vessels. In most cases the different kinds of effort data cannot simply be combined to obtain a value of the total effort. There are two alternatives. First, the data for only one type of gear, ordinarily the most prevalent one, can be considered. This will be called the standard type. The total catch by all types of gear, divided by the CPUE for the standard type, provides an estimate for the total effort in units of the standard type. Second, the efficiency of each type of gear relative to that of the standard type can be determined, and the standardized effort for each type can then be obtained by adjusting the raw effort data by the proper factor. Then the raw effort data for the standard type of gear and the standardized effort data for the other types can be summed to obtain the total standardized effort. The Commission's staff has used the first alternative and various combinations of the first and second alternatives. Unstandardized and standardized effort are measured in days of fishing and standardized days of fishing, respectively, and the corresponding CPUEs are catch per day's fishing (CPDF) and catch per standardized day's fishing (CPSDF).

Class 3 (vessels with capacities of 101 to 200 short tons) was selected as the standard size for purse seiners during the 1950's because at that time Class-3 purse seiners caught more tunas than did purse seiners of any other size. Since then, many larger purse seiners have been built, and many smaller ones have sunk or are no longer active. The larger vessels fish in all areas, while the smaller ones fish almost entirely within a few hundred miles of the coast, and tend to fish more at the northern and southern ends of the range of yellowfin and less in the area between southern Mexico and Colombia. Standardization involves comparison of the fishing success of vessels of different size classes when they are fishing in the same area time strata. When there are no data for Class-3 purse seiners in an

area-time stratum data for Class-6 vessels are used, and the net effect is almost equivalent to standardization to Class-6 vessels.

The fishery prior to the mid-1960's was pursued only in the inshore portion of the CYRA and in the vicinity of a few offshore islands and banks. During the mid- and late-1960's, however, the fishing fleet began to increase in size and to fish much further offshore. The inshore and offshore areas, termed Areas A1 and A2, respectively, are shown in Figure 42. If the interchange of fish between these two areas is instantaneous the AMSY of the areas combined will be the same as that of Area A1 alone, but if there is no interchange the AMSY of the two areas combined will be the sum of the individual AMSYs of the two areas. Studies have shown that there is relatively slow interchange of fish between the two areas, so the AMSY for the entire CYRA is greater than that for Area A1, but less than the sum of the individual AMSYs. These studies are described in more detail in previous annual reports of the Commission.

Data for a large number of years which encompass a wide range of effort are required to establish the AMSY and the corresponding effort and CPUE values. In 1968, after it had become apparent that the estimate of the AMSY calculated for Area A1 was not applicable to the entire CYRA, the Commissioners authorized the staff to undertake an experimental overfishing program so that an estimate of the AMSY for the CYRA could be obtained as quickly as possible. This was necessary because the effort had been relatively constant during the few years since the offshore expansion of the fishery had begun. When levels of effort in excess of optimum were reached the catch would be reduced, or at least would fail to increase. Then the effort could be reduced to increase the catch eventually (assuming that it had previously been reduced), and so on, until a sufficiently good estimate of the AMSY was obtained. This takes quite a bit of time, however, due to the fact that the population does not respond instantly to changes in the fishing effort, and also because perturbations caused by environmental factors tend to make interpretation of the results more difficult. The experimental overfishing program remained in effect through 1979.

The present status of yellowfin tuna in the eastern Pacific Ocean, as determined from analysis of general production models, will not be discussed. There are many factors which have not been mentioned in this report which apparently affect the model. These have been discussed in previous annual reports of the Commission, so they will not be mentioned again here. Because of the complicated nature of the fishery and the rapid changes which have taken place in recent years there has been considerable experimentation in the selection and preparation of the data to be used and in the choice of the mathematical procedures to be employed for the analysis of the catch, effort, and CPUE data. Only the two methods which have been given the most emphasis in recent years are discussed in this report. For both methods the logistic model, for which it is assumed that the equilibrium relationship between catch and effort is linear, was

used. In Table 29 are listed the quotas and catch and CPUE data for the CYRA and the area outside the CYRA for 1967 through 1981. The CPSDF and the CPDF for the large vessels are shown in the top two panels of Figure 43.

For the first analysis (Case 1), the effort was standardized to Class-3 purse-seine days. Only the data for 1967 through 1981 were used, as prior to 1967 the fishing effort was not as well dispersed over the CYRA as later; also major changes in the efficiency of the purse-seine vessels were apparently taking place in the earlier years. The AMSY is estimated to be 175 thousand tons, and the effort required to catch this amount at equilibrium conditions is about 52 thousand Class-3 days. The equilibrium production curve and the observed points representing non-equilibrium catch and effort are shown in the upper panel of Figure 44. Nearly all of the points occur above the line. This occurrence of most of the points above the line is not unexpected, as the line represents levels of catch which would be taken at equilibrium conditions, and during the period in question the effort was increasing, thereby reducing the accumulated stock by catching amounts of fish in excess of the net gain due to recruitment plus growth minus natural mortality. The catch cannot be expected to remain at its present level indefinitely if the effort continues to increase each year for, unless the trend is reversed, the stock will eventually be reduced to the extent that the catch will decrease no matter how much effort is exerted.

For the second analysis (Case 2) the CPDF for Class-6 purse-seine vessels (greater than 400 tons capacity) was employed as a measure of CPUE. This was first done because it had been observed that the CPDFs for the larger vessels had decreased more in recent years than had those for smaller vessels. Since the larger vessels fish in more areas of the eastern Pacific Ocean and take a larger share of the catch than do the smaller ones, the possibility exists that use of Class-6 data only will produce different estimates of the parameters. Also, CPDF for Class-6 vessels is more meaningful to present-day fishermen and other representatives of the fishing industry. Only the data for 1968 through 1981 were employed. The equilibrium production curve and the observed points representing non-equilibrium catch and effort are shown in the lower panel of Figure 44. In this case, the AMSY is again estimated to be 175 thousand tons, and the effort required to catch this amount at equilibrium conditions is about 22 thousand Class-6 days.

For each of the two analyses the AMSY is estimated to be 175 thousand tons, the same as estimated for previous years. In each case the 1976–1981 points fall to the right of the maximum point of the curve, implying for these analyses that the effort has exceeded the amount necessary to achieve the AMSY. In the 1978 annual report it was noted that if the effort were held at the 1976–1978 level for the next several years one of two situations would be likely to occur. First, the catch could decrease, which would indicate that the stock of yellowfin probably changes in response to fishing as predicted by the general production model.

Second, the catch could remain approximately constant. If such is the case, it could indicate either that the estimates of the parameters of the model are faulty or that the stock of yellowfin does not change in response to fishing in accordance with the general production model on the overfishing side of the curve. Although there are only three additional years' data since the 1978 annual report was prepared, those points provide additional useful information. In 1979 the effort increased, but the catch remained about the same as those of 1974–1978. In 1980 and 1981 the levels of effort were about the same as those of 1977 and 1978, but the catches were less. This suggests that the model is still doing a reasonably good job of describing the dynamics of the stock. If the effort in 1982 is the same as in 1977–1978, or greater than in those years, and the catch is again less than it was during 1974–1978, it will appear that the curve goes downward with effort in excess of about 20 to 25 thousand Class-6 days, as shown by the solid curve in the lower panel of Figure 44, rather than remaining approximately level, as shown by the dashed curve in the same panel of the same figure.

The input to age-structured models consists of estimates of recruitment, growth, and fishing and natural mortality. Estimates of the rates of growth and mortality are obtained from analyses of data on the size composition of the fish in the catches, supplemented by tag return data and other data of various types. The Commission's staff has collected data on the size composition of the catches of yellowfin and skipjack in the eastern Pacific Ocean since 1954, and in addition has had access to the corresponding data collected during 1951–1954 by the California Department of Fish and Game.

The most commonly employed type of age-structured analysis is the yield-per-recruit model. If a cohort of unexploited juvenile or young adult fish is present in an area its total weight first increases as the fish grow rapidly, while the losses due to natural mortality are moderate. Later, however, when the fish grow older the growth rate becomes slower, while the natural mortality continues to be moderate. Thus the losses to the total weight due to natural mortality at that time are greater than the gains due to growth, and there is a net loss to the total weight. Eventually the cohort disappears. The ideal way to obtain the maximum yield in weight from a cohort of fish would be to harvest each fish just before it died a natural death. This is not possible, of course. The next best alternative would be to harvest all the fish which had not died previously at the age or size ("critical age" or "critical size") at which the loss to the total weight by natural mortality exactly balances the gain to it by growth. This is possible for some animals, such as oysters or clams which are exposed at low tide and can be easily harvested at that time. When the manager of a bed of oysters or clams surveys it at frequent intervals and removes the individuals which have reached the critical size he is exerting an infinite amount of fishing mortality on the animals which have reached that size. It is obvious that this alternative is not practical for most species of fish.



Intuitively, it seems that if the second alternative is not possible the harvesting should begin on fish which have not yet reached the critical size. This is the third alternative, and the only practical one for most species of fish. It is assumed, for the moment, that the age at entry (*i.e.*, the age corresponding to the minimum size of fish which are caught) can be efficiently controlled. If the fishing effort is high an age at entry only slightly less than the critical age would be selected, most of the fish caught would be close to the critical age, and the yield would be almost as high as it would be under the second alternative. If the fishing effort is lower an age at entry considerably less than the critical age would be selected, the fish caught would exhibit a wider range of ages and sizes, and the yield would be considerably less than it would under the second alternative (but still the maximum possible without increasing the effort).

It may not be possible, however, to control efficiently the age of entry. If so, the only way to manage the fishery is to control the effort. If the age at entry is greater than the critical age unlimited effort can be permitted, but if the age at entry is less than the critical age restriction of the effort may increase the yield.

Reliable estimates of growth and natural mortality are required to calculate the critical age and size. The estimates which the Commission's staff has obtained for yellowfin, particularly that for natural mortality, are not as reliable as desirable, but the critical size is estimated to be roughly 111 cm (62 pounds). Most fish caught by the baitboat fishery are considerably less than the critical size. When most of the tuna fleet converted from bait fishing to purse-seine fishing in the late 1950's and early 1960's the average size of the fish in the catch increased, many of them being approximately equal to or greater than the critical size. The average annual catch of yellowfin has been considerably greater during the period after the conversion to purse seining than during the previous period. As pointed out previously, the offshore expansion of the fishery during the mid and late 1960's was an important factor in these increased catches, but the increase in the average size of the fish caught may also have been partially responsible for the increase.

So far it has not been mentioned that at least some of the individuals of a cohort of fish must be allowed to spawn at least once before they are harvested. If spawning occurs well before the fish reach the critical size there is probably no danger from this standpoint, but if spawning does not occur until after the fish have reached the critical size, and the fishing effort is high, there is a possibility that the number of spawners will be so reduced that the recruitment in subsequent years is reduced. (It should not be assumed, however, that a modest reduction in spawners will reduce the recruitment in subsequent years, as such does not appear to be the case for most species of fish.) The yield-per-recruit model as described here does not take the possibility of reduced recruitment into account, but this is an integral part of general production models.

Also, it has not been mentioned that the growth of the individual fish may be slower or the natural mortality rate may be higher when a population of fish is

dense than when it is less dense. Accordingly, the loss due to harvesting of some fish at less than the critical size may be at least partially compensated for by faster growth and/or lower natural mortality of the remaining fish. In addition, if the growth or natural mortality rates are affected by population density the critical age and size will vary according to population density. This complication is also not taken into account in the yield-per-recruit model as described here, but it is an integral part of general production models.

The object of management carried out according to analysis of the yield-per-recruit model is to obtain the maximum yield per recruit. The estimated relationships among size at entry, fishing effort, and yield per recruit are shown in Figure 45. Various combinations of fishing effort and size at entry give various yields per recruit, which are indicated by the curved lines. The top panel is based upon age-specific fishing mortality rates estimated from length-frequency data obtained during the 1968–1972 period and an instantaneous natural mortality rate of 0.8; the middle panel is based upon age-specific fishing mortality rates estimated from length-frequency data obtained during 1973–1978 and the same instantaneous natural mortality rate; the bottom panel is the same as the top panel except that an instantaneous natural mortality rate of 0.6 is substituted. The estimate of 0.8 is believed to be the most likely one, but that of 0.6 is included to determine how much higher the age of entry should be if the natural mortality rate is lower. The values in the horizontal scale are multiples of the fishing effort during the years in question, *i.e.*, 0.5, 1.0, and 2.0 in the top panel represent effort values half of, equal to, and twice the actual effort values for 1968–1972. The approximate weights of the catches of each age group corresponding to a multiplier of 1.0 are shown in the upper left corner of each panel. In all three panels the yield per recruit increases with increasing multipliers of fishing effort up to about 1.0 regardless of the size at entry. With multipliers greater than about 1.0 the yields per recruit remain about the same with lower sizes at entry, but continue to increase with greater sizes at entry. Except at levels of effort less than about half the corresponding current effort, the yield per recruit increases with increases in the size at entry. In the top panel, for example, the optimum size at entry is about 15 pounds with a multiplier of 1.0 and about 30 pounds with a multiplier of 2.0. The corresponding yields per recruit are 5.3 and 6.7 pounds, respectively. In the top panel, with an infinite amount of effort the optimum size at entry would be 62 pounds, the critical size, and the yield per recruit would be 7.6 pounds.

Prior to 1973 the fishery operated on fish that were larger, on the average, the majority of the catch being 2-, 3-, and 4-year-olds. Subsequent to that time, however, the fishery shifted to the smaller sizes, most of the catch consisting of 1- and 2-year-old fish. This is shown in the upper and middle panels of Figure 45. Using a fishing mortality multiplier of 1 and a size at entry of 7 pounds the current yield per recruit, as estimated from the middle panel in Figure 45, is about 4.4 pounds. For the same fishing intensity and entering size, but with the size composition of catch shown in the upper panel for years prior to 1973, the

corresponding yield per recruit is about 5.2 pounds. This indicates that return to a size composition similar to that in the fishery prior to 1973 would produce a significant increase in the yield.

The above description contains the implicit assumption that alteration of the age at entry does not change the fishing effort. Such would be the case if the fishery operated as follows. At first, when the age at entry was low, the vessels would search for schools of fish, finding some containing small fish and some containing large fish, and setting on both. Later, when the age of entry was increased, the vessels would search in the same manner as before, but would set only on the schools containing large fish. Hence, the effort directed toward large fish would be the same in the second period as in the first. However, it is believed that if for any reason the age at entry for yellowfin were increased, there would be a tendency for the fishermen to search less in the area-time strata containing a preponderance of small fish and more in those containing a preponderance of large fish, so the fishing effort on the large fish would most likely increase. In general, this would tend to increase the yield per recruit.

In addition to its studies of the yield-per-recruit model, cohort analyses have been performed by the Commission's staff. A cohort consists of all the fish recruited to the fishery at the same time, such as the X70 cohort which first entered the fishery in small numbers during the first half of 1970 and contributed to it significantly for the first time during the second half of that year, and the Y70 cohort which first entered the fishery in small numbers during the second half of 1969 and contributed to it significantly for the first time during the first half of 1970. The X and Y cohorts have been estimated, on the average, to be about the same size.

Cohort analysis consists of estimation of the numbers and weights of the fish of one or more cohorts at the time of recruitment and at various intervals thereafter and of the number and weights which are caught and which die during each interval, and interpretation of the meaning of the results. The information needed for such analyses includes the numbers and average weights of fish of each cohort in the catch, an estimate of the natural mortality rate (or estimates of a series of rates if the natural mortality is not constant for the fish of different ages), and an estimate of the fishing mortality rate for at least one catch interval. All of these estimates are obtained from analyses of catch statistics and length-frequency data which include, as a first step, assignment of the fish in the catch to cohorts. The results of these analyses are not as accurate as desired because, although fish of different cohorts can be readily distinguished from one another when they are young, this becomes increasingly difficult as they grow older, so older fish are probably often assigned to the wrong cohorts. Thus, not only are the estimates of the catch of fish of each cohort less accurate than desired, but the estimates of the mortality rates are somewhat crude. Specifically, an estimate of 0.8 for the instantaneous annual rate of natural mortality (equivalent to an annual

rate of 55 percent) is used, but it is suspected that this rate varies with age, being higher for younger fish and lower for older ones. Also, the vulnerability of the fish to capture varies according to age, area, season, weather, and other circumstances, and this introduces "noise," and possibly bias as well, into the calculations.

Cohort analyses have been conducted for the 1965 through 1981 seasons. Different "initiating" rates of fishing mortality were estimated for the quarters during which different cohorts were last exploited, dependent on fluctuations in effort from season to season. In addition, for purposes of comparison, calculations were made for all cohorts with initiating rates higher and lower than those considered to be the best estimates. The results indicate that the initiating rates can influence the general conclusions, especially for the present condition of the stock.

The results, using the "best" estimates of mortality resulting from the different rates of fishing during the initiating quarter, are shown in Table 30. Using this table, the estimated average populations of fish of any cohort, in numbers of fish, are apparent. For the X68 cohort, for example, there was an average of 23,519,000 1-year-olds during the first quarter of that year, and the population of that cohort during the second, third, and fourth quarters averaged 19.3, 15.6, and 12.4 million fish, respectively (1968 row, I column). In 1969 the average populations of 2-year-olds of that cohort during the first through fourth quarters were 9.9, 7.5, 5.9, and 4.8 million fish, respectively (1969 row, II column), and so on. The average numbers of 1-, 2-, 3-, and 4-year olds of the four X cohorts (1968, 1967, 1966, and 1965) during the first quarter of 1968 were 23.5 million, 8.3 million, 3.6 million, and 0.1 million, respectively (1968 row). The situation is the same for the Y cohorts as for the X cohorts, except that there is a 0 column for the youngest fish, none of which are assumed to be caught prior to the third quarter of the year. Also shown in Table 30 is a V+ column, which includes the older fish, none of which can be assigned to cohorts, and whose population size was obtained indirectly from catch data and mortality estimates of younger fish. It is assumed that half of these belong to the X cohorts and half to the Y cohorts.

The numbers of recruits for each cohort (*i.e.*, the average numbers for the initial quarters) are listed in Table 31. The annual averages for the X and Y cohorts are nearly the same, 25 million for the Y cohort and 22 million for the X cohort. The variability among years is greater for Y cohort (3.6) than for the X cohort (2.2), and that for the combined data (2.5) is intermediate. Although the recruitment is variable, there is no evident trend in recruitment over time.

The average weights of the fish during each quarter, beginning with the quarter they are recruited into the fishery, were estimated to be:

<u>Quarter</u>	<u>Ave. weight</u>	<u>Quarter</u>	<u>Ave. weight</u>	<u>Quarter</u>	<u>Ave. weight</u>
1	4.0	7	27.0	13	98.0
2	5.6	8	36.1	14	111.1
3	8.0	9	45.0	15	122.0
4	10.2	10	55.1	16	130.0
5	13.5	11	67.0	17	134.0
6	18.9	12	83.0	18	136.0
				19 +	157.0

These values were multiplied by the corresponding values in Table 30 to calculate the estimated average annual biomass (total weight averaged over four quarters) of each cohort. These data are shown in Figure 46. It is easy to see the relative strengths of the various cohorts from this figure. For example, the X74 and Y74 cohorts (diagonal lines) were both relatively strong, for even though the fish were fished heavily in 1974 when they were small, their biomass remained high in the succeeding years. The Y73 cohort, on the other hand, was only average, for after having been heavily fished in 1973 its biomass was low. The X66 cohort was a strong one, but the fish were not heavily exploited when they were young, so the biomass of the cohort was high for several years subsequent to 1966. In general, the biomass of older fish has been less during the middle and late 1970's than in previous years.

In Figure 47 are shown the average quarterly and average annual biomass estimates for 1968 through 1981 for all fish regardless of age and for all Y-cohort fish which had been in the fishery more than six quarters since recruitment plus all X-cohort fish which had been in the fishery more than eight quarters since recruitment. The data for 1965-1967 are not shown because during that period the fishery in the CYRA was still expanding and the cohort biomass estimates for those years are biased downward. During 1968-1971 the total biomass averaged about 350 thousand tons. This was comprised of a large proportion of older fish resulting from the fish of the above-average 1966 and 1967 recruitments which were exploited lightly as young fish. Below-average recruitment, coupled with increasing exploitation rates during 1969-1972, resulted in a decline in the biomass during 1972 and 1973 of both the younger and older fish. The lower biomass of older fish persisted through 1974, whereas the abundance of smaller fish began to increase in 1974 as a result of an extremely large 1974 year class. That year class accounted for most of the increase in biomass of large fish in late 1975, all of 1976, and early 1977. The largest catch of yellowfin in the history of the fishery was made during 1976. Below-average recruitment during 1976 and 1977, coupled with heavy exploitation of young fish since 1973, resulted in the biomass of both young and old fish decreasing to the lowest level observed in the fishery. Although the 1978 and 1979 recruitments were high, the former exceeded only by that of 1974, so many of the fish were captured as 1- and 2-year-olds that they did not contribute heavily to the fishery in 1981, nor will they do so

in 1982. The 1980 recruitment was slightly above average, and preliminary estimates of the 1981 recruitment indicate that it was slightly below average.

The purse-seine catches of fish of the X and Y cohorts, and of both cohorts combined, during the first 6 months of 1968–1981 are shown in Figures 48 and in 49. In Figure 48 each panel contains the catches of fish of different cohorts in the same year, whereas in Figure 49 each panel contains the catches of fish of the same cohort in different years.

From comparison of these four figures, annual estimates of the biomass of the X and Y groups (Figure 46), quarterly estimates of the total biomass and the biomass of large fish (Figure 47), and purse-seine catches during the first 6 months of each year by age and cohort (Figures 48 and 49), it is clear that the large catches of small fish in recent years have altered the age composition of the population and the catch. Fewer and fewer individuals have survived to reach the larger sizes, and the yield-per-recruit analysis discussed previously has shown that this probably reduces the total catch. The cohort analysis corroborates this and provides data to quantify the differences. The total contribution each X and Y cohort has made to the fishery throughout its life in the fishery has been estimated. The sums of the estimated catches for the two cohorts entering each year range from a low of 121 thousand tons for the 1972 cohort to a high of 268 thousand tons for the 1974 cohort. If the 1974 cohort had not been fished so heavily during its first year in the fishery it would have contributed even more. Division of these catches by the corresponding annual estimates of recruitment indicates that the yield per recruit prior to 1973 was about 8 pounds, whereas for the period from 1973 on it has been about 7 pounds. (These estimates of the yield per recruit are slightly higher than those given in the discussion of the yield-per-recruit model because of differences in the methods of calculation. In the yield-per-recruit model recruitment was assumed to occur at 40 cm, whereas the average lengths of the first-quarter fish in the cohort analyses are somewhat greater.) With an average recruitment of 45 million fish and a size composition in the catch similar to the 1968–1972 period the total annual yield would be about 175 thousand tons. With the same average recruitment, but a size composition similar to those of the more recent years in the fishery, the total annual yield would be about 155 thousand tons.

The analyses presented above using general production models have consistently produced estimates of the AMSY of about 175 thousand short tons of yellowfin for the CYRA. The actual catch, which has exceeded this amount during the last five years, tended to decline since the peak catch of 210 thousand tons taken during 1976. The 1980 catch of 147 thousand tons was the lowest catch taken from the CYRA since 1971.

It does not appear from the analyses just presented that increasing the effort on yellowfin will result in a sustainable increase in the catch, as recent increases in the effort have not resulted in an increase in the catch. Depending upon the shape

of the right limb of the curve, the catch can remain constant as the effort increases or it can decline. Data generated by keeping the effort at approximately current levels can help provide an answer; however, the fact that the catch and CPSDF have tended to decline since 1976 lend support to the supposition that the right limb of the curve is not completely flat. In Figure 43 five indices of abundance are shown for 1970-1981. The top panel, with the CPSDF for Class-3 vessels (101-200 tons capacity), shows an average decline of about 9% per year. The next panel, CPDF for the Class-6 vessels (over 400 tons capacity), shows a similar decline of about 11% per year. The next two panels show indices of abundance based on estimates of searching time. One of these, based on catches and searching time for non-porpoise schools, shows a decline of about 11% per year; the other, based on the same data for porpoise schools, shows a decline of about 9% per year. The last panel, biomass indices from cohort analyses, shows a decline of about 4% per year for fish of all sizes combined, but about 8% per year for larger fish (Figure 47). The catch during this 12-year period increased at first, but has tended to decline since 1976 (Table 29).

If these indices are accurately monitoring the trends in abundance the population of yellowfin is at or near its lowest known level. It thus appears that caution should be exercised in increasing the catch beyond the current best estimate of the AMSY. If the right limb of the curve is flat the catch should come into equilibrium at about 170 thousand tons whether the effort is kept constant or increased. In this case the best management action might be to continue the experimental program at the level of 175 to 210 thousand tons. If, on the other hand, the curve bends downward the catch should continue to decline. In this case, if the catches are to be maintained at the AMSY, the effort should be reduced by about 10-15 thousand days or the catch should be limited to about 160 to 165 thousand tons.

In the Tuna Commission's 1978 annual report concern was expressed over the changing size composition of the catch. It was noted that the recruitment of yellowfin is variable, but not nearly as variable as those of many longer-lived temperate species of fish. It was suggested that this variability in recruitment, coupled with a shift of fishing mortality to the younger age groups, would most likely result in reduced catches of yellowfin in years of below-average recruitment. These conclusions were based on data from the catch by cohorts during the first 6 months of the year. To examine this situation further and to evaluate the conclusions presented previously a more thorough analysis utilizing all age structure data from 1965 through 1981 (preliminary) has been completed and presented above. The analysis corroborates the variability in recruitment and demonstrates that the fishery is becoming progressively more dependent upon the smaller size groups of fish. As this happens, the potential yield from the stock decreases because of a decrease in the yield per recruit. Concurrently this causes a decrease in the biomass of the stock. If these analyses are correct, then even though the 1978 year class was large and the 1979 year class was above average, it should not be expected that the population of large fish would increase very

much, if any, in 1982, and therefore the production would be less than would be the case if the average size of the fish were increased. Considering that the 1981 recruitment appears to be a little below average, and the relative fishing mortality on these recruits continues to be high, the catches in 1982 will most likely decline if the effort is held constant.

If the number of larger fish in the population is to be increased the dependence of the fishery upon age-1 fish must be reduced. As pointed out in previous annual reports, the benefits of protecting the young fish would be substantial, but it would be difficult to accomplish this.

There are several approaches to reducing the dependence on small fish. One way would be to set a minimum size limit. Another would be to close certain areas during certain seasons to unrestricted fishing if and when small fish are predominant. Another way would be to shift the opening date of the season so as to restrict fishing during a period when small fish are most abundant in the catch. Analyses of size composition data show that in general there is a high incidence of small fish mixed with larger fish and of skipjack mixed with small yellowfin. This would make the problem of protecting small yellowfin difficult because these might be caught in large numbers by vessels attempting to catch larger yellowfin and skipjack. If these small yellowfin could not be landed they would be thrown back into the sea dead, and the yield per recruit would be decreased, rather than increased. If, on the other hand, the fishermen could avoid the small fish there would be an increase in the yield per recruit.

It does not appear as though shifting the opening date of the season would be as beneficial as thought earlier. When most of the fishing effort was generated during the first half of the year few catches were made of Y-cohort fish entering the fishery for the first time at about 3 to 6 pounds during the second half of the year. It was thought that this was due mostly to the lack of availability of the fish of this group. During the last few years, however, there has been heavy fishing during the second half of the year, and the catches of the entering Y-cohort fish have increased substantially. Therefore, the benefits of shifting the season may not be as great in protecting the younger fish as originally hoped. The staff cannot recommend any of the above measures at this time because the effect of such regulation on the actual catch (not landings) of small fish cannot be predicted.

An alternate approach to protecting the smaller fish would be to restrict the overall magnitude of the catch of all yellowfin, including the small ones. This could be accomplished by reducing the total fishing effort during 1982. This would result in the survival of more of the age-1 fish so that they would be available at older ages in succeeding years. It would also tend to make the age structure similar to that of the 1960's and early 1970's. Such a reduction in effort and catch would be consistent with the conclusions drawn from the general production model analysis.



With regard to a recommendation for 1982, it must be emphasized that the fishery appears to have been operating on the overfishing side of the curve during recent years. If the symmetrical model is applicable, small changes in the catch would result in relatively large changes in the population size and equilibrium yield. Consequently an accurate estimate of the total catch for 1981 is important for estimation of the equilibrium yield for 1982. At present it appears that the 1981 catch of yellowfin was about 174 thousand short tons; therefore the estimates using general production models presented above were made with that estimate of the 1981 catch.

Although it is not known whether the symmetrical or asymmetrical model best describes the reaction of the population to fishing, a choice between the two must be made. If the quota were set at about 170 thousand short tons, but the symmetrical model held, then overfishing will continue. If the quota were set at 160 to 165 thousand short tons, but the asymmetrical model held, then the stock would begin increasing toward its optimum size. It would appear more prudent to set a quota based on the symmetrical model. If the more conservative symmetrical model were selected, but the asymmetrical model was applicable, no harm would be done. In fact the average size of the fish would increase, increasing the yield per recruitment in subsequent years. It was already noted above that minimum size limits and/or closed areas would probably not be effective in altering the size composition of the catch, but that a reduced catch quota would tend to increase the yield per recruit. It was therefore recommended that a quota of 160,000 short tons of yellowfin be set for 1982.

Because there is the possibility that the analyses of the condition of the stock and the estimates of the AMSY are somewhat in error, flexibility in selecting the quota should be retained. If during the early part of 1982 large fish are relatively abundant in the catch, and the catch and CPDF increase, the quota should be increased.

The fishery has operated in the area outside the CYRA (Figure 42, Area A3) since 1968 (Table 29). Relatively little fishing takes place there during the first half of the year, primarily because of bad weather. By the time the weather improves in May-June, or soon thereafter, the CYRA has in most years been closed to unrestricted fishing, and many of the larger vessels of the international fleet have moved to the area outside the CYRA. Tagging experiments have indicated that the rate of mixing between this area and the CYRA is low, so the yellowfin of the area outside the CYRA, to date, have been considered separately from those of the CYRA.

In 1969 the CPDF for Class-6 purse seiners was greater than 20 tons, but since then the CPDFs have been remarkably constant, between 9 and 13 tons (Figure 50, upper panel). In 1969, 1970, and 1971 the effort was less than 2.6 thousand days and the catches less than 30 thousand tons (Figure 50, lower

panel). During the 1972–1976 period the effort and catches were nearly constant, the former between 3.5 and 4.1 thousand days and the latter between 41 and 51 thousand tons. During 1977–1981, due apparently to reduced effort, the catches averaged only about 20 thousand tons, but the CPDFs were about the same as those for 1970–1976. In the lower panel of Figure 50 it is clear that the catch in the area outside the CYRA has remained proportional to the effort. If the logistic form of the general production model expresses adequately the relationship between catch and effort for the area outside the CYRA, as discussed earlier for the area inside the CYRA, then the fishery outside the CYRA appears to be operating on the underfishing side of the curve. Accordingly, these data indicate no biological reason for placing limits on the catch or the intensity of fishing outside the CYRA.

If the fish outside the CYRA are part of the stock which occurs inside the CYRA a reduction in the biomass and average size of the fish outside the CYRA during the last few years would be expected. No such reduction in biomass outside the CYRA is evident from the CPDF data. On the other hand, the average size of the fish caught outside the CYRA has declined from about 80 pounds in 1972–1975 to a little less than 60 pounds in 1977–1981 (Figure 51). This could be due to increased fishing mortality, but it could also be due to changes in fishing techniques, *i.e.*, more fishing on schools associated with flotsam and less on schools associated with porpoises. Since 60 pounds is near the optimum size in terms of the yield-per-recruit model, as discussed in the section on age-structured analysis, there is no need to curtail the catch outside the CYRA unless it can be demonstrated that the catching of fish in the area reduces the recruitment in the CYRA. In any event, the fishery in the area outside the CYRA should be closely monitored to evaluate these various possibilities.

## **SKIPJACK**

The world catches of skipjack exceed those of any other species of tuna, and the same is the case for the Pacific Ocean. The skipjack catch of the western Pacific Ocean exceeds that of the eastern Pacific Ocean. The estimated annual average catch in the western Pacific Ocean during 1965–1972 was 243 thousand short tons. During 1973–1979, a period in which baitfishing activities, especially by Japanese vessels, expanded considerably, the estimated annual average catch was 471 thousand tons. The corresponding values for the eastern Pacific Ocean are 89 and 120 thousand tons, respectively. In the western Pacific Ocean skipjack are caught mostly by baitboats, but in the eastern Pacific Ocean about 80 to 95 percent of the catch is taken by purse seiners. Only small amounts of skipjack are caught by longliners.

Substantial fisheries for skipjack occur in the northeastern Pacific Ocean near Baja California, the Revillagigedo Islands, and Clipperton Island and in the southeastern Pacific Ocean near Central America, northern South America, Cocos Island–Brito Bank, and the Galapagos Islands. The area of very warm

water off southern Mexico which separates the two areas is usually devoid of skipjack, but in some years, such as 1956, the distribution of skipjack has been continuous from north to south. In normal years tagging has shown that there is little mixing of fish between the two areas. The fishery for skipjack in the eastern Pacific Ocean tends to take place closer to shore than that for yellowfin. In the central Pacific Ocean there are lesser fisheries for skipjack near the Hawaiian Islands and French Polynesia (the Marquesas, Tuamotu, and Society Islands). Further to the west, near Japan, the Philippines, Indonesia, Papua New Guinea, the Solomon Islands, New Zealand, and many other islands, there are more substantial fisheries for skipjack.

The catch of skipjack in the eastern Pacific Ocean varies considerably from year to year (Figure 52). The catches for the northeastern and southeastern areas are moderately well correlated with one another, but in some years, for example 1970, the catch has been above average in one area and below average in the other. During the late 1950's large catches of skipjack were made south of 5°S, and from the late 1950's to the early 1970's large catches of this species were made close to shore off Ecuador and northern Peru. During the past few years, however, the center of abundance of the southeastern group seems to have shifted to waters off Colombia and Central America.

It is of fundamental importance to determine whether the skipjack occurring in the Pacific Ocean belong to one or more than one subpopulation and, if the latter is the case, where the different subpopulations occur during different times of the year and at different stages of their life histories. This problem has been studied by various methods, including analyses of tagging, catch statistics, life history, and biochemical genetic data. Research in these fields has been conducted by many organizations, including the Tuna Commission, the South Pacific Commission, the U.S. National Marine Fisheries Service, and various organizations in Japan. The research results pertinent to a solution to this problem were examined at a workshop of fisheries biologists and population geneticists sponsored by the South Pacific Commission in 1980, and the following account is based upon the conclusions reached at that workshop. These research results were as follows:

1. Skipjack spawning has been found to occur in all months of the year in the area between 130°W and 130°E bounded on the north and south by the 24°C isotherms.
2. There is apparently little skipjack spawning east of 130°W.
3. Tagging data (Figure 53) indicate that there is mixing among adolescent and adult fish of various areas. Fish tagged in the eastern Pacific have been recaptured in the central and western Pacific, fish tagged in the central Pacific have been recaptured in the western Pacific, and fish tagged in the western Pacific have been recaptured in the central Pacific.

4. Schools of fish do not maintain their integrity for long periods of time, as fish tagged in the same schools have often been recaptured in different schools and fish tagged in different schools have often been recaptured in the same schools.

5. A west-east cline or gradient in gene frequencies of the enzyme serum naphthyl esterase has been observed in the spawning area, the highest frequencies occurring in the western Pacific and the lowest frequencies in the central Pacific. This cline was not observed in the eastern Pacific, the gene frequencies in that area approximately matching those in the eastern portion of the spawning area.

6. No relationship was evident between esterase gene frequencies for particular schools and subsequent movement of tagged fish from those schools. In other words, schools with high frequencies of esterase occurring in the central Pacific do not appear to "home" toward the western Pacific, nor do schools with low frequencies of esterase occurring in the western Pacific appear to "home" toward the central Pacific. (This was determined when parts of the fish in various schools were tagged and the remainders were sacrificed for biochemical genetic samples.)

7. Analysis of estimated dispersal coefficients for tagged fish from schools containing rare genetic combinations showed little evidence that these schools maintained their integrity for long periods of time.

Three models to describe the population structure of skipjack in the Pacific Ocean were hypothesized at the above-mentioned workshop.

The panmictic hypothesis states that all the skipjack in the Pacific Ocean belong to a single population in which each fish has the same probability of interbreeding with any other fish in the population.

The clinal hypothesis states that separate subpopulations of skipjack do not exist in the Pacific Ocean, but there is isolation by distance, *i.e.*, the probability of any two fish interbreeding is an inverse function of their distance from one another. The individuals at the extreme ends of the range are genetically semi-isolated from one another. The observed cline in esterase gene frequencies could be maintained by some combination of natural selection and genetic drift.

The separate subpopulation hypothesis states that there are two or more genetically distinct subpopulations of skipjack in the Pacific Ocean. The genetic identity of the subpopulations is maintained by some mechanism which prevents interbreeding of the various subpopulations, such as maintenance of school integrity from hatching to spawning, homing of fish to separate spawning areas, or spawning of different subpopulations at different times of the year.

Considering all the available information, the participants in the SPC workshop concluded that:

1. The panmictic hypothesis is untenable because, although there is mixing of fish among different areas, most of the tagged fish which were recaptured had moved only relatively short distances from the locations where they were released.

2. The clinal hypothesis, involving factors of dispersal, homing, and natural selection, is a reasonable alternative to the separate subpopulation hypothesis advanced in the past, but the presently available data do not permit a reasonable choice to be made between these two hypotheses and unconditional support of either would be premature and unwarranted.

It was generally agreed by the workshop participants that more data on spawning and early life history of skipjack are needed if further progress is to be made in this field.

It is the opinion of the Commission's staff that the principal conclusions of the SPC workshop are correct, *i.e.*, that the data do not permit a reasonable choice between the clinal and subpopulation hypotheses and that more information on the spawning and early life history of skipjack is needed. However, it is believed that the acquisition of additional biochemical genetic samples in selected area-time strata and further analysis of all the available data may shed more light on the situation.

General production models have been described above in the yellowfin section. It was pointed out that models of this type are not applicable unless the fish in question belong to a discrete population, *i.e.*, there must be relatively little interchange between the fish in the area under consideration, in this case the eastern Pacific Ocean, and those in other areas where the species in question is exploited. Assuming that such models are applicable, if the fact is to be detected the perturbations caused by fluctuations in environmental conditions must not be so great as to mask the changes in apparent abundance caused by fluctuations in fishing effort, and there must be catch, effort, and CPUE data available for a wide range of levels of fishing effort, preferably including levels on the overfishing side of the curve.

The first condition is not met, as 26 skipjack tagged in the eastern Pacific Ocean have been recaptured in the central and western Pacific. The skipjack fishery of the eastern Pacific Ocean takes place mostly relatively near the coast, and most of the skipjack caught in this area apparently are the result of spawning in the central and/or western Pacific, which may also supply skipjack to the offshore portions of the eastern Pacific Ocean, the central Pacific Ocean, and the western Pacific Ocean. In the absence of evidence to the contrary, it is assumed that the adolescent fish which occur in the eastern Pacific are the progeny of spawners in the central and/or western Pacific which are also the parents of fish which remain in the central and/or western Pacific. If so, the amounts caught in the eastern Pacific may be determined more by the portions of juveniles hatched

in the central and/or western Pacific which migrate to the eastern Pacific than by the abundance of juveniles in that or those areas. Such being the case, a definitive study of this nature is not possible at this time.

Studies have been underway, on a modest scale, for several years to determine the effects of environmental conditions on the abundance, availability, and vulnerability to capture of skipjack in the eastern Pacific Ocean. One such study, described in the Commission's annual reports for 1977, 1978, 1979, and 1980, involves analysis of the relationship between the apparent abundance of skipjack in their second year of life in the eastern Pacific Ocean and (1) the area of the Pacific Ocean between 130°W and 180°W with sea-surface temperatures exceeding 82°F (27.8°C), (2) the average sea-surface temperature in this area, (3) the Southern Oscillation (S.O.) index, an index of the pressure difference between the Easter Island high-pressure cell and the Indonesian low-pressure cell, and (4) the wind-mixing index (the cube of the average wind speed, which is roughly proportional to the degree of mixing caused by wind in the upper layers of the ocean) between 130°W and 180° and between 15°N and 15°S. These oceanographic or meteorological variables all appear to be interrelated. During periods when the S.O. index is high the winds in the central tropical Pacific tend to be stronger, the amount of mixing and equatorial upwelling greater, the sea-surface temperatures lower, and the area exceeding 82°F smaller; during periods when the S.O. index is low the winds tend to be weaker, the amount of mixing and equatorial upwelling less, the sea-surface temperatures higher, and the area exceeding 82°F larger.

The first and second analyses were performed because there is a positive correlation between percent occurrence of skipjack larvae in zooplankton net tows and temperature, and it was reasoned that more spawning or better survival of the larvae might occur in warmer years. The third is related to wind, sea-surface temperature, and currents, and has been regarded as a better index of all three because the pressure data are collected continuously, whereas wind, temperature, and current data are collected only sporadically on an opportunistic basis. The position of the Easter Island high-pressure cell, however, appears to have shifted in recent years, and the S.O. index is now suspected to be a poorer indicator of conditions in the spawning area than in earlier years. The fourth was performed because the survival of skipjack larvae may depend upon the degree of mixing of the upper layers of the ocean. Investigations conducted at the NMFS Southwest Fisheries Center in La Jolla indicate that in the California Current concentrations of food suitable for first-feeding larval anchovies tend to occur in aggregations and well-defined layers. Upwelling and mixing disrupt the layering and disperse the food organisms, so that many of the larvae are unable to obtain sufficient food for survival. It appears that strong year classes of anchovies are associated with weak winds during the larval stages, and vice versa. It was thought that this effect might also occur in the skipjack spawning areas of the central Pacific. Statistically significant relationships were found in most cases,

but the best relationship was found between skipjack and the wind-mixing index, with this index accounting for 47 percent of the variability in the apparent abundance of skipjack in the eastern Pacific in their second year of life.

In addition, investigations of the possible relationship between the apparent abundance of skipjack in their second year of life in the eastern Pacific and the strength of the eastward-flowing North Equatorial and South Equatorial Countercurrents are being conducted because it would be expected that when these currents are stronger than average young fish would be carried to the eastern Pacific in greater numbers, and when they are weaker than average young fish would be carried there in lesser numbers, if they do in fact use these currents in their migration. On the whole, the results of the Commission staff's attempts to relate the apparent abundance of skipjack with environmental conditions are not as satisfactory as might be desired, but some of the problem might be resolved if the Commission's biological and statistical studies could be made for the entire population unit(s) which contribute(s) to the eastern Pacific fishery instead of the portion of it (or them) which inhabit(s) the eastern Pacific Ocean during part of the life span.

Usable catch, effort, and CPUE data are available for some parts of the Pacific population unit(s), but not for others. Also, there is the problem of separating the catches of fish of the population unit(s) which contribute to the eastern Pacific fishery from those which do not.

In spite of the above difficulties, attempts have been made to compare the effort and CPUE of skipjack in the eastern Pacific Ocean. The fishing effort has increased in recent years, due to increases in the size of the fleet. This has apparently not depleted the resource, however, as some of the greatest total catches have been made during the last few years. The relationship between purse-seine CPUE and effort in the CYRA, standardized to Class-3 units (vessels of 101- to 200-tons capacity) is shown in Figures 54 and 55. The former figure includes all 5-degree areas of the CYRA, while the latter includes only selected 5-degree areas where significant amounts of skipjack are caught. In neither case does there appear to be a significant relationship. There is a possibility, however, that such a relationship might be masked by the nature of the fishery. For example, in different years the availability of skipjack might differ, but the amount of effort directed toward that species might be proportional to the availability, resulting in roughly equal CPUEs in each year. This could be the case if in years of high availability skipjack were present in more areas than in years of low availability, but the densities of fish within the areas were roughly the same in all years. At this time the data furnish little or no evidence that this phenomenon could be masking the relationship between the abundance of skipjack and the fishing effort, but the question will continue to be examined as a part of the Commission's broad studies of fishing effort and CPUE as an index of abundance.

The types of data which are used for age-structured models, and the theory upon which these models are based, are discussed above in the yellowfin section.

The size composition of skipjack samples taken in the Commission's Yellowfin Regulatory Area (CYRA) during 1967 through 1981 is shown in Figure 56. Differences among years are apparent; the incidence of fish larger than 55 cm (about 7.8 pounds) was highest in 1971–1973 and lowest in 1978–1981. The average weight of the fish caught during 1981 is the lowest for the 1967–1981 period.

The yield-per-recruit approach to age-structured modeling has been discussed above for yellowfin. The situation for skipjack is somewhat different, in that the natural attrition of yellowfin consists only of natural mortality, whereas that for skipjack consists of both natural mortality and emigration to the central and western Pacific. The combined annual rate of natural mortality and emigration for skipjack is estimated from length-frequency and tagging data to be roughly 90 percent per year, as compared to approximately 55 percent for the natural mortality of yellowfin.

The rate of growth of skipjack has also been estimated from studies of length-frequency and tag return data. Relative to yellowfin it is much more difficult to follow the progression of modal groups because the modal lengths vary so erratically from month to month. Recruitment from the central Pacific and emigration in the opposite direction is obviously largely responsible for this, but it also appears that the vulnerability of groups of fish of different sizes varies considerably from month to month within the eastern Pacific Ocean. Tagging data are also useful in this respect, but most of the returns are from fish which have been at liberty only a short period of time, and thus are of limited value. The few long-term returns that have been received have nearly all been from fish recaptured in the central Pacific Ocean, and the reason that there are so few of them is that the fishing intensity is low in that area. Thus the available estimates of growth of skipjack are not as good as those for yellowfin and not as good as desirable.

The estimated relationships among size at entry, fishing effort, and yield per recruit are shown in Figure 57. The Commission staff's estimates of skipjack growth, natural mortality plus emigration, and fishing mortality have been integrated to obtain the calculations which form the basis for this figure. The top panel is based upon age-specific fishing mortality rates estimated from length-frequency data obtained during 1967–1969, the middle panel is based upon rates estimated from data obtained during 1971–1973, and the lower panel is based upon rates estimated from data obtained during 1975–1977. The values in the horizontal scale are multiples of the fishing effort during the years in question, *i.e.*, 0.5, 1.0, and 2.0 in the top panel represent effort values half of, equal to, and twice the actual effort values for 1967–1969. Various combinations of fishing effort and



size at entry give various yields per recruit, which are indicated by curved lines. For example, if the size at entry is fixed at 40 cm (about 2.7 pounds) the yield per recruit with a multiplier of 1 is between 1.00 and 1.10 pounds in the first panel and between 0.75 and 1.00 pounds in the second and third panels. In general, the yields are highest with a size at entry of 35 cm (about 1.7 pounds) and fishing effort considerably greater than has been the case so far in the eastern Pacific Ocean. This is because the losses to the total weight of a cohort of fish by natural mortality and emigration exceed the gains to it by growth, even when the fish are only 35 cm long and presumably growing rapidly.

Neither the general production models nor the age-structured models applied so far indicate any need for the management of skipjack. The latter models indicate that the maximum yield per recruit from adolescent skipjack in the eastern Pacific Ocean can be obtained by fishing the individuals over 35 cm in length as hard as possible. Conceivably this could reduce the recruitment in subsequent years, but there is no evidence from the effort and CPUE data that this is so.

As pointed out previously, management should be directed toward all parts of a single population unit, rather than a part of a population unit, a mixture of several population units, or a mixture of parts of several population units. Accordingly, it is of prime importance to determine whether the skipjack occurring in the Pacific Ocean belong to one or more than one subpopulation and, if the latter is the case, where the different subpopulations occur during different times of the year and at different stages of their life histories. The Tuna Commission has recently increased its tagging of skipjack in the eastern Pacific Ocean and conducted tagging experiments in French Polynesia. A number of other organizations, especially the South Pacific Commission, have been tagging skipjack in large numbers in the western and central Pacific Ocean in recent years. Also, various organizations are striving to obtain better catch and effort data for skipjack in the western and central Pacific. When these studies are further along, it may be possible to ascertain better the status of the Pacific Ocean skipjack population unit(s) with regard to fishing.

#### **NORTHERN BLUEFIN**

A preliminary model describing the life history of the northern bluefin tuna appears in the Commission's Annual Report for 1979. It is clear from this account that considerably more information is needed on the fishery and several phases of the life history of the northern bluefin.

A study of the bluefin fishery in the eastern Pacific is currently underway. For this purpose, data on the catches of bluefin by area, date, vessel size class, size of school, type of school, *etc.*, are being assembled and analyzed. Information of this type is necessary if an understanding of the population dynamics of this species is to be attained.

It should be determined whether there is more than one subpopulation of northern bluefin in the Pacific Ocean. The Commission is currently conducting studies of this nature, on a contractual basis, on northern bluefin in the Atlantic Ocean, and it is hoped that techniques will be developed which can be used for northern bluefin in the Pacific Ocean. A history of each year class should be constructed. Ideally this would include, for each year class, estimates of the numbers of fish recruited into the surface fishery of the western Pacific, the numbers of them caught in each year in the western Pacific, the numbers of them migrating each year to the eastern Pacific, the numbers of them caught each year in the eastern Pacific, the numbers of them migrating each year from the eastern Pacific, and the numbers of them caught each year by the longline fishery. This information could be estimated by analysis of adequate catch statistics data, length- and age-frequency data, and tagging data. Adequate catch statistical data have been collected for many years for the surface fishery of the eastern Pacific Ocean. Those for the western Pacific surface fishery are more difficult to collect and analyze, however, as several species are combined in the catch statistics for that area. The Tuna Commission and the Far Seas Fisheries Research Laboratory of Japan are currently working on a scheme to collect better catch statistics data for the surface fishery of the western Pacific. Length-frequency data have been collected for the eastern Pacific surface fishery each year since 1952, and there are some length- and weight-frequency data for the surface fishery in the western Pacific and for the longline fishery available. Age-frequency data for the eastern Pacific surface fishery are available for 1963 through 1969. Partially processed data for 1980 and 1981 are available from the Tuna Commission's current sampling program for scales, otoliths, and fin rays and spines, and hopefully this program will continue to provide such data. The current tagging program should help to provide the necessary information regarding the portions of fish of various ages which migrate from the western to the eastern Pacific and *vice versa*.

Due to lack of information on this species, it is not anticipated that there will be any recommendations for management of the fishery for northern bluefin in the eastern Pacific in the near future.

## **INFORME ANUAL DE LA COMISION INTERAMERICANA DEL ATUN TROPICAL 1981**

### **INTRODUCCION**

La Comisión Interamericana del Atún Tropical funciona bajo la autoridad y dirección de un convenio establecido originalmente por la República de Costa Rica y los Estados Unidos de América. El convenio, vigente desde 1950, está abierto a la afiliación de otros gobiernos cuyos ciudadanos pescan atún en el Pacífico oriental tropical. Bajo esta estipulación, Panamá se afilió en 1953, Ecuador en 1961, los Estados Unidos Mexicanos en 1964, Canadá en 1968, Japón en 1970, Francia y Nicaragua en 1973. Ecuador se retiró de la Comisión en 1968, México en 1978 y Costa Rica en 1979.

Las obligaciones principales de la Comisión bajo el convenio son (a) estudiar la biología de los atunes y especies afines en el Océano Pacífico oriental para determinar las consecuencias que la pesca y los factores naturales tienen sobre su abundancia y (b) recomendar las medidas apropiadas de conservación para que las poblaciones de peces puedan mantenerse a niveles que permitan sostener capturas máximas constantes, cuando y si las investigaciones de la Comisión indican que tales medidas son necesarias.

En 1976, se acrecentaron las obligaciones de la Comisión al incluir los problemas ocasionados por la relación atún-delfín en el Océano Pacífico oriental. Se acordó que sus objetivos serían: “[1] mantener la producción atunera a un alto nivel; [2] mantener las poblaciones de delfines a niveles o sobre niveles que garanticen su supervivencia a perpetuidad, [3] trabajar en cuanto sea posible para evitar la muerte innecesaria o por descuido de los delfines en las maniobras de pesca.” Los puntos específicos de participación son: (1) observar la magnitud de las poblaciones y la mortalidad incidental a la pesca, mediante la recolección de datos a bordo de embarcaciones atuneras de cerco, (2) realizar reconocimientos aéreos y marcado de delfines; (3) analizar los índices de la abundancia de los delfines y hacer estudios computarizados de simulación y (4) proceder al entrenamiento e investigación sobre las artes y el comportamiento de los delfines.

Para llevar a cabo esta labor, se le ha asignado a la Comisión que realice una amplia variedad de investigaciones tanto en el mar como en el laboratorio. Las investigaciones las realiza un personal permanente de investigadores contratados internacionalmente por el Director de Investigaciones de la Comisión, quién a su vez es directamente responsable ante los delegados de esta entidad.

El programa científico se encuentra en su XXXI año. Los resultados de las

investigaciones son publicados por la Comisión en una serie de boletines tanto en inglés como en español, los dos idiomas oficiales. La revisión anual de la administración y de los trabajos se describen en un informe anual bilingüe. Se publican otros artículos en revistas científicas exteriores de prensa y en publicaciones comerciales. Al final de 1981, la Comisión ha publicado 117 boletines, 3 informes especiales, 212 artículos en revistas exteriores de prensa y 30 anuarios. Todos estos escritos han tenido una amplia divulgación mundial, encontrándose al alcance del examen crítico de la comunidad científica del orbe.

### REUNIONES DE LA COMISION

La XXXIX reunión de la Comisión fue celebrada en París (Francia) del 19 al 21 de octubre de 1981. Todos los gobiernos miembros estuvieron representados en la reunión y se encontraban observadores de Colombia, España, México, Perú, República de Corea, República de China (Taiwan) y Venezuela. Además fueron representadas en esta reunión la Comisión Permanente del Pacífico Sur, la International Whaling Commission y la Organisation de Cooperation et de Developpement Economique.

La siguiente agenda fue aprobada por la Comisión al iniciarse la reunión y se siguió muy de cerca durante la sesión:

1. Apertura de la reunión.
2. Consideración y aprobación de la agenda.
3. Análisis de la investigación actual.
4. Programa atún-delfín.
5. El año pesquero de 1981.
6. Condición de la población del aleta amarilla y recomendaciones en 1982.
7. Programa recomendado de investigación y presupuesto en el AF 1983-1984.
8. Revisión de las negociaciones orientadas hacia un nuevo convenio o modificación del actual.
9. Fecha y sede de la próxima reunión.
10. Nombramiento de funcionarios.
11. Otros asuntos.
12. Clausura.

La Comisión adoptó las siguientes medidas:

(1) El personal de la Comisión recomendó una cuota de captura de aleta amarilla de 160 mil toneladas americanas en el año pesquero de 1982, y que hubiera flexibilidad para ajustar esta cuota en forma ascendente en 1982, para admitir la posibilidad de que el personal hubiera subestimado la abundancia de la población. La razón de esta recomendación se presenta en el Documento Fundamental No. 2 de la reunión, que se puede obtener al solicitarlo a la

Comisión. La siguiente resolución fue adoptada por la Comisión con respecto al programa de conservación del aleta amarilla en 1982:

*“Considerando* que todavía no se ha llegado a un acuerdo sobre un mecanismo por el que se pueda establecer un programa regulatorio para 1982, para la conservación del atún aleta amarilla, en el Pacífico oriental, y

*Considerando* que dicho programa de conservación del atún aleta amarilla ha estado en vigor cada año desde 1966 a 1979, y

*Reconociendo* que continúa siendo necesario un programa de conservación del atún aleta amarilla en 1982, a fin de mantener los recursos de dicha especie a un nivel que garantice una productividad continua y elevada en el futuro,

*La Comisión Interamericana del Atún Tropical recomienda*, por lo tanto, a las Altas Partes Contratantes que cuando se adopte un programa de conservación del atún aleta amarilla en 1982, debería establecerse una cuota anual para la captura total del atún aleta amarilla en el año civil de 1982, de 160,000 toneladas americanas en el ARCAA según se define en la resolución aprobada por la Comisión el 17 de mayo de 1962, y

*Recomienda, además*, que se autorice al Director de Investigaciones para que eleve este límite en no más de dos incrementos sucesivos de 20,000 toneladas americanas cada uno, si al examinar los datos disponibles, concluye que dichos incrementos no constituirán un peligro considerable para la población, y

*Recomienda, finalmente*, que todos los estados miembros y otros estados interesados se esfuercen diligentemente, para lograr que se ponga en práctica dicho programa de conservación del atún aleta amarilla en 1982.

(2) La Comisión acordó el presupuesto propuesto de \$2,638,355 dólares para el año fiscal de 1983/1984.

(3) La Comisión acordó que la próxima reunión anual tendría lugar en San Diego, California (EEUU), probablemente del 18 al 21 de octubre de 1982.

(4) La Comisión nombró al Sr. Michael Hunter de Canadá como Presidente de la Comisión en 1982.

## **PRESUPUESTO**

En la XXXVI reunión, celebrada en Tokio, Japón en octubre de 1978, los delegados declararon que la situación financiera en sus países no permitía un aumento (\$361,513) en el presupuesto solicitado por el personal científico de la Comisión para el año fiscal de 1980-1981. Sin embargo, se acordó luego en enero

de 1979, vía carta de permitir un aumento de \$131,713 para enfrentar las tendencias inflacionarias, fijándose el presupuesto total en el año fiscal de 1980-1981 en \$2,258,360.

En febrero de 1979, se tuvo conocimiento que la contribución de los EEUU a la Comisión en el año fiscal de 1980-1981, sería de \$2,032,500 dólares, fijándose el presupuesto total en \$2,133,503 dólares, un aumento de solo \$2,856 dólares sobre el presupuesto oficialmente aprobado en el año fiscal de 1979-1980.

### **COLABORACION ENTRE ENTIDADES AFINES**

Los investigadores en 1981, continuaron manteniendo un estrecho vínculo tanto al nivel nacional como internacional con instituciones y organizaciones investigadoras universitarias, gubernamentales y privadas. Esta reciprocidad permite que los investigadores se mantengan al frente de la evolución y rápido desarrollo que se presenta actualmente en la oceanografía y en la investigación pesquera mundial. Se describen a continuación algunos de los aspectos en este campo.

La casa matriz de la Comisión se encuentra en los terrenos de Scripps Institution of Oceanography en La Jolla (California). Este es uno de los centros principales del mundo en cuanto a ciencias marinas, siendo el centro de muchas oficinas federales y estatales de pesca, oceanografía y ciencias subordinadas. Esto ofrece una excelente oportunidad para que el personal se mantenga en comunicación diaria con científicos de estas entidades.

Se continuó durante el año la relación muy cordial y productiva con la Comisión Internacional para la Conservación del Atún Atlántico, la Comisión Permanente del Pacífico Sur, la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación y otros organismos internacionales.

Además, en 1981, la Comisión mantuvo un estrecho vínculo de trabajo con las oficinas e institutos pesqueros de los países miembros y también con entidades similares en otros países de Asia, Europa, Hispanoamérica y las islas del Pacífico. Presentamos a continuación algunos ejemplos concretos.

En abril el Instituto Nicaragüense de la Pesca sirvió de anfitrión a un Grupo de Trabajo sobre la investigación atún-delfín, realizado en colaboración con la CIAT, que duró 5 días. Además de los representantes de Nicaragua y de la CIAT, participaron científicos de otros cinco países.

El Ministerio de Agricultura y Ganadería de Costa Rica continuó colaborando con la CIAT durante todo el año de 1981, asignando al Sr. Mario Rojas un biólogo de su personal, la labor de recolectar muestras biológicas en Puntarenas, para un estudio de la Comisión.

A finales de 1981, la Dirección de Recursos Marinos de Panamá, acordó colaborar con la Comisión para establecer un laboratorio experimental cerca al noroeste de Cabo Mala, con el fin de investigar el primer ciclo vital de los atunes. Algunos de los estudios preliminares se realizarán cerca a la ciudad de Panamá, usando las instalaciones provistas gentilmente por la Institución del Smithsonian en Isla Naos.

El Instituto Nacional de Pesca del Ecuador está colaborando con la CIAT en la publicación de los resultados de una extensa investigación oceanográfica realizada en conjunto por las dos organizaciones desde 1961 a 1964. Este estudio será publicado en la serie de boletines Técnicos y Científicos del Instituto.

En 1981, la Comisión continuó con el proyecto de marcado del *Thunnus thynnus* en la parte meridional del Japón, en colaboración con el Japanese Far Seas Fishery Research Laboratory en Shimizu. Este proyecto se inició en 1980; se han marcado unos 4,000 *T. thynnus* pequeños y los datos de las recapturas han suministrado algún conocimiento muy importante referente a los hábitos migratorios de esta especie.

En la primavera de 1981, Costa Rica, Ecuador, Nicaragua y Panamá, y México en el otoño, otorgaron gentilmente a la Comisión licencias especiales para pescar y obtener carnada en los cruceros de marcado y el Instituto Nacional de Pesca mexicano proporcionó observadores científicos. En 1981, el Instituto colaboró con la CIAT en un seminario referente a los métodos para reducir la mortalidad de los delfines ocasionada por la pesca del atún aleta amarilla, que fue convocado en Ensenada (Baja California), para los pescadores atuneros mexicanos.

En 1981, un científico de la Comisión realizó en colaboración con el National Marine Fisheries Service (NMFS) de los EEUU, una serie de experimentos sobre la evacuación gástrica de atunes cautivos en la Kewalo Research Facility del NMFS en Honolulu, Hawaii. Esta instalación es única en el mundo y ha sido proyectada para mantener atunes adultos vivos en cautividad con fines investigativos. El NMFS generosamente cedió espacio en el laboratorio y suministró la pericia de su personal en el manipuleo de atunes vivos. Este trabajo se describe en el informe bajo el título "Estudios energéticos y de la alimentación del atún aleta amarilla." Además el NMFS, especialmente el personal del Southwest Fisheries Center en La Jolla (California), donde la Comisión tiene sus oficinas principales, colaboró durante el año en varias formas (demasiado numerosas para ser mencionadas aquí) con el personal de la CIAT.

Dr. Francis G. Carey de Woods Hole Oceanographic Institution acompañó, por invitación de la Comisión a los científicos de la CIAT en un viaje de marcado a bordo del barco de carnada atunero fletado *Mary K.* en abril-mayo de 1981, para emprender estudios sobre los desplazamientos horizontales y verticales de los

atunes adaptándoles transmisores electrónicos. Este trabajo se describe en este informe bajo el título "Mercado de atún."

## OFICINAS REGIONALES

La Comisión, además de sus oficinas principales en La Jolla (California), tiene oficinas regionales en varios centros industriales e importantes de atún.

En Terminal Island (California), se encuentra una oficina con dos investigadores. El personal aquí se encarga principalmente en recolectar y recopilar las estadísticas de captura y esfuerzo, anotar los desembarques y medir atunes. Recuperan además las marcas de los atunes y obtienen según sea necesario otra información biológica, estadística y de la pesca en general.

Existe una oficina similar en Mayaguez (Puerto Rico) con dos empleados permanentes que, a su vez, contratan ayuda temporal. Visitan también regularmente Ponce, el otro puerto más importante de atún en Puerto Rico.

En Ensenada (Baja California, México), el puerto atunero más importante de ese país, se encuentra un técnico permanente. Dedicar la mayor parte de su tiempo en medir atunes y obtiene además otros datos científicos de pesca.

En Panamá se encuentran dos técnicos que trabajan en obtener los registros de bitácora de las embarcaciones que, en ese país, trasbordan su carga a frigoríficos y de embarcaciones que pasan a través del Canal de Panamá para descargar en puertos del Atlántico o pescar en el Océano Atlántico después de haber pescado en el Océano Pacífico oriental. Dedicar también parte de su tiempo en medir atunes en Panamá y en obtener tres o cuatro veces al año estadísticas atuneras en Puntarenas (Costa Rica).

La Comisión tiene dos empleados en Manta (Ecuador). La considerable industria atunera del Ecuador se centraliza allí; Salinas, Posorja y Guayaquil son los otros tres puertos importantes y se encuentran a una distancia conveniente de Manta. El personal de la Comisión en Ecuador trabaja principalmente en la obtención de datos estadísticos de captura, pero dedican también su tiempo en medir atunes y en estudiar los peces cebo. Obtienen también, de vez en cuando, estadísticas atuneras en Colombia y Venezuela.

En el Perú, la Comisión tiene un empleado permanente que se encuentra estacionado en Coishco; éste obtiene datos estadísticos de captura y otra información biológica y pesquera en Coishco, Salaverry y Paita, los tres puertos principales de atún.



## PUBLICACIONES E INFORMES

La pronta y completa publicación de los resultados de investigación es uno de los elementos más importantes del programa científico de la Comisión. Por este medio los gobiernos miembros, la comunidad científica y el público en general se enteran corrientemente de los resultados científicos de los investigadores de la Comisión. La publicación de los datos básicos, métodos de análisis y las conclusiones obtenidas, ofrecen la oportunidad de que sean revisados críticamente por otros investigadores, atestiguando así la validez de los resultados logrados por el personal científico de la Comisión, despertando al mismo tiempo el interés de otros investigadores en dicha labor.

La Comisión divulga en su serie de boletines las investigaciones de sus científicos y de otros investigadores colaboradores. En 1981, se editó en esta serie otra publicación en inglés y español:

Boletín, Volumen 18, No. 1—Distribución geográfica de las capturas del atún aleta amarilla y barrilete en el Océano Pacífico oriental, la flota y las estadísticas globales de captura, 1975–1978, *por* Craig J. Orange y Thomas P. Calkins.

Se terminó en 1981, otro informe especial de datos:

Informe Especial No. 3—Exploratory fishing for tunas and tuna tagging in the Marquesas, Tuamotu, Society, Pitcairn, and Gambier Islands, *por* William H. Bayliff y Gary A. Hunt. 125 p.

Además se terminaron otros cuatro Informes Internos en 1981:

Informe Interno No. 13—Comparisons of the efficiency of purse seine nets of different designs in releasing dolphins, *por* R. Allen, R. Francis y R. Punsly. 34 p.

Informe Interno No. 14—Anchored raft experiment to aggregate tunas in the eastern Pacific Ocean, *por* Rafael Guillén y David A. Bratten, 13 p.

Informe Interno No. 15—Some problems in estimating the density of dolphin populations in the eastern tropical Pacific using data collected aboard tuna purse seiners, *por* P. S. Hammond. 40 p.

Informe Interno No. 16—Dolphins and the purse seine fishery for yellowfin tuna, *por* Robin L. Allen. 23 p.

Además de las publicaciones e informes anteriores, los investigadores publicaron 7 escritos en otras revistas científicas:

Bayliff, William H. (editor) 1980. Sinopsis sobre los datos biológicos de ocho especies de Scombridae. Rev. Com. Perm. Pacífico Sur, No. 11, 3-311.

Alan J. Mearns, D. R. Young, R. J. Olson y H. A. Schafer. 1981. Trophic structure and the cesium-potassium ratio in pelagic ecosystems. *CalCOFI Rep.* XXII. 99–100.

Allen, R. L. and M. D. Goldsmith. 1981. Dolphin mortality in the eastern tropical Pacific incidental to purse seining for yellowfin tuna, 1979. *Rep. Int. Whal. Commn* 31, 539-540.

Hammond, P. S. and J. L. Laake. 1981. Sperm whale density in the eastern tropical Pacific. *Rep. Int. Whal. Commn* 31, 761-764.

Muhlia-Melo, Arturo, Robert Olson y William Hazen. 1980. Análisis comparativo de los parámetros de crecimiento de tres especies de bivalvos del género *Macoma* en el Pacífico Nororiental. *An. Centro Ceinc. del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México*, 7(2):291-302.

Joseph, J. 1981. Recherche thonière et gestion de ressources thonières dans l'océan Pacifique est. *La Pêche Maritime* 1245, Decembre 1981: 685-688.

Joseph, J. 1981. Biological, political and economic factors in international tuna management. In: *Science, Politics and Fishing: a series of lectures*, Oregon State University Sea Grant College Program, Edited by R. W. Schoning and N. Krant: 95-101.

## LA PESCA EN 1981

### RESUMEN

Las embarcaciones de 17 naciones (Antillas holandesas, Bermuda, Canadá, Colombia, Corea, Costa Rica, Ecuador, España, EEUU, Islas Caimán, Japón, México, Nueva Zelanda, Panamá, Perú, Senegal y Venezuela) pescaron atún en el Océano Pacífico oriental en 1981. Estos barcos capturaron principalmente atún aleta amarilla y barrilete, junto con algunas pequeñas cantidades de otros atunes. Los tres tipos principales de arte empleados en las capturas en orden de importancia fueron: redes de cerco, caña y sedal y palangres.

Debido a la gran explotación, la pesca del atún aleta amarilla estuvo desde 1966 hasta 1979, bajo administración internacional, pero hasta ahora no se ha presentado la necesidad de aplicar estas medidas de conservación a otras especies de atún obtenidas por la pesca en el Pacífico oriental. La zona en la que se aplica el programa de conservación de aleta amarilla, denominada Area Reglamentaria de la Comisión de Aleta Amarilla (ARCAA), se presenta en la Figura 1.

En la XXXVII reunión convocada en octubre de 1979, la Comisión no llegó a un acuerdo sobre el programa de conservación del atún aleta amarilla en 1980, sin

embargo, se acordó luego una cuota de 165 mil toneladas americanas que nunca llegó a ser vigente. En la XXXIII reunión celebrada en octubre de 1980, el personal de la Comisión recomendó que se fijara la cuota de 1981, en 160 mil toneladas, con la estipulación de aumentarla, según el criterio del Director de Investigaciones. La cuota fue aprobada, pero no se hizo vigente. En la XXXIX reunión, celebrada en octubre de 1981, el personal de la Comisión recomendó una cuota de 160 mil toneladas para 1982, de nuevo estipulando que sería aumentada si el Director así lo juzgaba. La cuota fue aprobada de nuevo (véase la resolución anterior) pero sin hacerla vigente.

Desde 1965 hasta 1981, la capacidad general de la flota internacional que pesca atún en el Océano Pacífico oriental aumentó de 48,712 a 186,861 toneladas. En 1981, esta flota capturó 175,877 toneladas de aleta amarilla y 123,302 toneladas de barrilete en el ARCAA. Además de la captura del ARCAA, los barcos cerqueros que pescan al oeste del ARCAA y al este de los 150°W capturaron 25,539 toneladas de aleta amarilla y 7,695 toneladas de barrilete. Además 16 barcos que participaron en la pesca del ARCAA en 1981, pescaron también en el Océano Atlántico, en el Mar Caribe o en ambos y capturaron allí 4,391 toneladas de aleta amarilla y 5,084 toneladas de barrilete. Finalmente, 7 barcos que pescaron en el Pacífico oriental en 1981, pescaron también en el Pacífico occidental ese año; estos barcos capturaron allí 5,278 toneladas de aleta amarilla y 6,249 toneladas de barrilete.

La captura de aleta amarilla en el ARCAA en 1980, fue la más baja que se haya registrado desde 1971. Esta captura baja refleja la fuerte pesca de 1978, 1979 y 1980, que redujo significativamente la magnitud de la población del atún aleta amarilla. En 1981, la captura fue un poco superior, 175,877, pero inferior a las capturas del período 1973-1979. Si se permite en 1982, que continúe la pesca sin control, se reducirá aún más la magnitud de la población, lo que resultará en menos capturas. Este asunto se examina detalladamente bajo la sección de este informe titulada "Condición de las poblaciones de atún en 1981 y perspectivas en 1982."

## ESTADISTICAS DE CAPTURA Y DESEMBARQUE

Las capturas de aleta amarilla, barrilete y patudo en el ARCAA, obtenidas por la flota atunera del Océano Pacífico oriental desde 1960 a 1980, se presentan en la parte A de la Tabla 1. Las cifras de captura del aleta amarilla y barrilete se encuentran esencialmente completas con excepción de cantidades insignificantes obtenidas por algunas pescas individuales, deportivas y artesanales. Las capturas epipelágicas de estas tres especies obtenidas en la zona al oeste del ARCAA, pero al este de los 150°W, se presentan también en esta parte de la Tabla 1. Las capturas palangreras de aleta amarilla en el ARCAA se incluyen con las de otras especies capturadas por otras artes en esta zona, pero esta rutina no se sigue en el caso de otras especies en el ARCAA. Las capturas palangreras de otras zonas se excluyen de las estadísticas de captura de todas las especies.

La flota atunera del Pacífico oriental está formada por aquellos barcos que pescaron aleta amarilla, barrilete o aleta azul en el ARCAA todo el año o parte de éste. Algunos de estos barcos, como son los cerqueros de gran porte y los barcos de carnada, pescan casi exclusivamente estas especies, en cambio otros, especialmente los de pequeño porte, pescan en su mayoría durante todo el año otros especies de atún. Por ejemplo, la mayoría de los caceros (pesca con curricán) pescan normalmente albacora en la costa occidental de los EEUU, pero a veces entran en la pesca del atún tropical cuando la pesca de albacora es pobre. Además, algunos barcos que se encuentran equipados principalmente para pescar otras especies que no son atunes, cambian ocasionalmente los aparejos pesqueros para participar en la pesca del atún aleta amarilla, barrilete o aleta azul. Por ejemplo, algunos pequeños cerqueros que normalmente llevan redes para pescar anchovetas, sardinas o caballas, equipan sus embarcaciones, algunas veces, temporalmente, para pescar atunes. Cuando estos barcos de pequeño porte están pescando albacora, bonito, barrilete negro u otras especies que no son atunes, la Comisión solo incluye sus capturas en el sistema estadístico si, durante el año, alguna parte de sus capturas consiste en atún aleta amarilla, barrilete o aleta azul del ARCAA.

Las capturas de otros atunes (atún aleta azul, bonito, albacora y barrilete negro) obtenidas por la flota atunera del Pacífico oriental en esta misma región, se presentan en la parte B de la Table 1. La suma total del aleta azul y del albacora no incluye las capturas de estas especies obtenidas por embarcaciones palangreras; además, debe considerarse que la pesca deportiva obtiene cantidades substanciales de bonito, albacora y barrilete negro, como también otras embarcaciones que no se consideran como parte de la flota atunera del Pacífico oriental. Por ejemplo, en 1981, la captura total de albacora obtenida por la flota epipelágica de los EEUU, en el Pacífico oriental fue de unas 15 mil toneladas, de las cuales la flota atunera antes mencionada descargó solo 593 toneladas.

Las capturas de atún aleta amarilla, barrilete y patudo obtenidas por la flota atunera del Pacífico oriental en el Pacífico occidental y en el Océano Atlántico se presentan en la parte B de la Tabla 1. Estas cantidades, representan, en realidad, solo una pequeña fracción de la suma total de estas especies capturadas en estas dos zonas, ya que otras flotas pescan también allí.

La estimación preliminar de la captura de atún aleta amarilla en el ARCAA en 1981, de 175,877 toneladas es 28,881 toneladas superior a la captura del ARCAA en 1980 y 12,385 toneladas inferior al promedio anual de captura de los últimos cinco años. Se incluyen en la captura del ARCAA 9,848 toneladas de aleta amarilla, obtenidas en las zonas experimentales de pesca descritas en la Figura 1.

La estimación preliminar de la captura de barrilete en el ARCAA en 1981, es de 123,302 toneladas, 1,484 toneladas superior a la registrada durante 1980, pero 15,157 toneladas inferior al promedio de captura durante los últimos cinco años. La captura de barrilete en el ARCAA incluye 6,443 toneladas obtenidas en las zonas experimentales de pesca.

La estimación preliminar en 1981, de la captura combinada de atún aleta amarilla y barrilete en el ARCAA de 299,179 toneladas es 27,397 toneladas superior a la captura de 1980, pero 27,542 toneladas inferior al promedio de los últimos cinco años.

Las estimaciones preliminares de la captura de atún aleta amarilla y barrilete en la zona entre los límites del ARCAA y los 150°W, en 1981, fueron respectivamente 25,539 y 7,695 toneladas, un total combinado de 33,234 toneladas, que es 15,467 toneladas inferior a la captura de 1980 y 1,586 toneladas superior al promedio anual de captura de los últimos cinco años.

La captura combinada de todas las especies, en todas las zonas de pesca en 1981, presentada en la Tabla 1 (375,710 toneladas) fue 7,525 toneladas superior a la de 1980, pero 32,547 toneladas inferior al promedio de los últimos cinco años.

Las capturas anuales de atún aleta amarilla, barrilete y varios otros atunes en el ARCAA y en la zona adyacente al oeste de la misma, obtenidas por la flota del Pacífico oriental se presentan en la Tabla 2 por abanderamiento de los barcos que pescaron los peces. La distribución de la captura entre los barcos abanderados cambió considerablemente en 1981, en comparación a 1980. Empleando como base de comparación la captura total de todas las especies en 1980, se anotan los siguientes incrementos en el volumen de captura: México (+97%), España (+82%), Gran Bretaña (+48%), Panamá (+13%), Ecuador (+8%), Costa Rica (+6%) y Venezuela (4%). Las siguientes naciones capturaron menos: Las Antillas holandesas (-86%), Bermuda (-55%), los EEUU (-7%) y Perú (-3%). La comparación incluye solo aquellas naciones en las que los barcos capturaron un total combinado de 3,000 o más toneladas.

La distribución geográfica de las capturas registradas de atún aleta amarilla en 1981, obtenidas por barcos cerqueros en el Océano Pacífico oriental se presenta en la Figura 2. Cerca del 30% de la captura de aleta amarilla en el ARCAA fue obtenida al norte de los 20°N. La captura más grande se obtuvo en la zona 0-20-105 de 5 grados en la que se capturó cerca del 16% del aleta amarilla del ARCAA. La captura de esta especie en la zona de altura al oeste de la América Central fue bastante elevada, ya que cerca del 45% de la captura en el ARCAA se obtuvo entre la línea ecuatorial y los 15°N. Aproximadamente el 22% de la captura del aleta amarilla en el ARCAA se obtuvo al sur de la línea ecuatorial. La distribución de la captura al oeste del ARCAA (al este de los 150°W) fue principalmente desde los 126°W a los 141°W, entre los 2°N y 14°N. La captura en esta zona tuvo una amplia distribución norte-sur en 1981, lo que no había sucedido en la mayoría de los años.

La distribución geográfica de las capturas registradas de barrilete en 1981, se presenta en la Figura 3. Aproximadamente el 52% de la captura de esta especie se obtuvo entre la línea ecuatorial y los 15°N, principalmente en las zonas de altura, cerca del 33% se obtuvo al norte de los 15°N y cerca del 15% se capturó al sur del

ecuador. Dos zonas más bien importantes de captura fueron evidentes en 1981, una cerca de los 6°N a los 13°N entre los 92°W y 109°W y la otra desde los 12°N a los 26°N entre los 108°W y los 116°W. La captura de barrilete al oeste del ARCAA, pero al este de los 150°W fue muy inferior a la cantidad obtenida en 1980, pero es la segunda captura más grande lograda en esta zona desde que empezó la pesca en 1968.

Las capturas registradas de atún aleta amarilla y barrilete (combinada de los barcos cerqueros y de carnada) obtenidas durante los viajes reglamentados y sin reglamentar en el ARCAA se presentan en la Tabla 3 por seis zonas latitudinales desde 1977 a 1981. Las capturas obtenidas en las zonas experimentales de pesca durante esos años se excluyen de las capturas en el ARCAA. Como no hubo reglamentación en 1980 y 1981, los datos reglamentados de 1980, son de viajes reglamentados que empezaron durante 1979 y terminaron en 1980. La zona más importante de atún aleta amarilla en el ARCAA durante 1981, fue al norte de los 20°N, donde se registró cerca del 30% de la captura anual; el 28% de la captura combinada de aleta amarilla y barrilete se registró en esa zona. La zona más importante de barrilete fue de los 5° a los 15°N, donde se obtuvo cerca del 43% de la captura de esa especie. La captura de barrilete al sur del ecuador aumentó durante 1981, del nivel de 1978-1980, pero permaneció muy inferior a las cantidades obtenidas en esa zona durante los años sesenta y parte de los setenta.

## **LA FLOTA ATUNERA DEL OCEANO PACIFICO ORIENTAL**

La Comisión mantiene archivos sobre las artes, banderas y capacidad de acarreo de la mayoría de las embarcaciones que pescan atún en el Océano Pacífico oriental. No se tienen registros de barcos individuales palangreros que pescan en el ARCAA, ni de canoas y otras embarcaciones pequeñas.

Las embarcaciones se clasifican por clase de arqueo, basándose en su capacidad de acarreo, en la siguiente forma: clase 1, menos de 51 toneladas; clase 2, 51-100 toneladas, clase 3, 101-200 toneladas, clase 4, 201-300 toneladas; clase 5, 301-400 toneladas y clase 6 más de 400 toneladas. Se examinan anualmente los registros de descargue de cada embarcación y se ajusta la capacidad de acarreo cuando es necesario. Para embarcaciones nuevas se emplean los cálculos de la capacidad de acarreo de los propietarios o armadores. Para las pequeñas embarcaciones de carnada que realizan viajes diarios y algunos de los barcos con curricán, se emplea la capacidad declarada de sus dueños o capitanes o si se conoce el tonelaje registrado, se estima la capacidad de acarreo según la relación que tengan estos dos valores con otros barcos del mismo tipo. Si es imposible obtener esta información se asigna al barco una capacidad de 25 toneladas. Las embarcaciones que se van a pique o abandonan la pesca después de haber pescado durante el año se incluyen en la flota de ese año. Las embarcaciones que cambian de pabellón se enumeran bajo la nueva bandera si iniciaron por lo menos un viaje durante el año bajo esa bandera.

El número de embarcaciones y la capacidad de acarreo de la flota atunera del Pacífico oriental en 1981, se presentan en la Tabla 4, por bandera, arte y clase de arqueo. En 1981, solo un barco con curricán estuvo activo. Este barco de bandera estadounidense, ha sido agrupado con los barcos de carnada. En 1981, participaron en la pesca atunera del Pacífico oriental embarcaciones de 16 países o colonias (los 15 en la Tabla 4 más Colombia). En la tabla se omite a Colombia porque la captura de ese país es obtenida por barcos muy pequeños para los cuales la Comisión no tiene archivos. En términos de capacidad la flota en 1981, estuvo formada el 98.3% por embarcaciones cerqueras, 1.6% por embarcaciones de carnada y menos del 0.1% por bolicheros. Con referencia al número de barcos los cerqueros formaron el 85.1%, los barcos de carnada el 13.9% y los bolicheros 1.0%.

Las flotas de las Islas Caimán, España, Estados Unidos y Venezuela aumentaron en capacidad en 1981 en cambio las de Costa Rica, Ecuador, México, las Antillas holandesas y Perú disminuyeron en capacidad. Las flotas de Bermuda y Canadá no tuvieron ningún cambio. Nueva Zelanda y la República de Corea tuvieron barcos en la flota epipelágica en 1980, pero no en 1981 y El Salvador, Portugal y la Unión Soviética tuvieron en 1981, por primera vez, barcos cerqueros atuneros maniobrando en el Pacífico oriental. Los cambios en la capacidad de la flota por abanderamiento fueron pequeños comparados con los de 1980, a pesar del gran número implicado de barcos. La flota que presentó el mayor aumento en capacidad fue la de las Islas Caimán que ganó 2,211 toneladas. La flota del Perú fue la que más perdió, más de 4,000 toneladas, a causa de que varios barcos estuvieron inactivos en 1981. La flota de México que había agregado más de 20,000 toneladas en 1980, declinó en unas 1,431 toneladas en 1981. La agregación de tres cerqueros nuevos de la clase 6 y de otros cuatro cerqueros de la clase 6 por transferencia de bandera, fue compensada por la pérdida de siete cerqueros de la clase 6 por transferencia de bandera. Estos siete barcos habían originalmente pescado bajo el pabellón de los EEUU, transfirieron su bandera por la de México y luego cambiaron de nuevo en 1981, por el pabellón de los EEUU. La capacidad de la flota de los EEUU aumentó en 1,605 toneladas en 1981. Se agregaron 5 cerqueros nuevos de la clase 6 y un cerquero viejo de la clase 6 regresó a la flota. Se agregaron 8 cerqueros de la clase 6 por transferencia de bandera (los siete de México más uno de las Islas Caimán). En el lado de la pérdida, un cerquero de la clase 6 cambió pabellón por el de Venezuela y se sacaron 6 cerqueros de la clase 6 de la flota porque habían maniobrado todo el año en el Pacífico occidental.

Se presenta a continuación el número de embarcaciones y la capacidad de acarreo de la flota internacional que pescó en el Océano Pacífico oriental desde 1965 hasta 1981, y el cambio en la capacidad de acarreo con relación al año anterior.

Año	Número de embarcaciones	Capacidad	Cambio en la capacidad
1965	282	48,712	
1966	250	46,305	- 2,407
1967	244	46,488	+ 183
1968	265	58,125	+ 11,637
1969	264	63,656	+ 5,531
1970	285	73,822	+ 10,166
1971	358	95,569	+ 21,747
1972	379	120,942	+ 25,373
1973	358	139,568	+ 18,626
1974	336	152,581	+ 13,013
1975	335	169,420	+ 16,839
1976	397	184,864	+ 15,444
1977	365	183,298	- 1,566
1978	367	186,791	+ 3,493
1979	321	186,329	- 462
1980	320	189,426	+ 3,097
1981	289	186,861	- 2,565

La capacidad total de la flota atunera en el Pacífico oriental ha permanecido más bien estable desde 1976, ya que la nueva construcción se ha visto compensada por los barcos que se retiran de la pesca o por los que se han ido a pique. Actualmente están en construcción o se han ordenado varios grandes barcos cerqueros atuneros, pero no es posible pronosticar cuántos barcos nuevos se han de agregar a la flota atunera del Pacífico oriental o cuando empezarán a pescar.

De enero a agosto de 1981, el número de barcos palangreros japoneses que estaban maniobrando en el ARCAA, fluctuó entre 24 y 57. Además de estos barcos se encontraban siete de bandera mexicana y aproximadamente el mismo número de palangreros coreanos maniobrando frente a Ensenada (México). Se encontraban también un palangrero japonés y cuatro panameños maniobrando fuera de los puertos ecuatorianos. Esperamos que en el futuro se podrán obtener los datos diarios de captura y esfuerzo además del peso descargado por los barcos con base en México y en el Ecuador. Actualmente recibimos los datos mensuales de captura de los barcos japoneses.

#### **PESCA EXPLORATORIA EN LA POLINESIA FRANCESA Y LAS ISLAS PITCAIRN**

En la XXX reunión de la Comisión, celebrada en octubre de 1974, los delegados aprobaron un programa de marcado y de muestreo que se realizaría en las Islas Marquesas durante un período de 2 años, que se inició en 1977, para obtener más conocimiento sobre las relaciones que existen entre los barriletes de varios lugares de la parte central y oriental del Océano Pacífico. Este proyecto ya ha sido terminado. Además de los trabajos en las Islas Marquesas, se realizó algún otro trabajo en las islas Tuamotu, Sociedad, Pitcairn y Gambier. Algunos de los resultados del marcado han aparecido en los informes anuales de la Comisión desde 1977 hasta 1980, pero se ha mencionado poco sobre los hallazgos del personal en lo que se refiere a la abundancia y disponibilidad de los peces de



carnada y atunes. En 1981, se terminó un informe detallado (Informe Especial No. 3 de la CIAT), en el que se discuten tanto los resultados científicos como exploratorios. A continuación se presenta un sumario de los resultados de la pesca exploratoria.

La especie principal de carnada capturada en las Islas Marquesas es la sardina marquesana, *Sardinella marquesensis*. Las únicas localidades en las que se pueden capturar sardinas constantemente, parecen ser Taiohae, Controleur y posiblemente las bahías de Anaho y Tai Oa todas localizadas en la isla de Nuku Hiva. Los biólogos del National Marine Fisheries Service (NMFS) de los EEUU, quienes realizaron trabajos exploratorios de pesca en las Islas Marquesas durante los años cincuenta, concluyeron que sus maniobras habían reducido muchísimo la abundancia de las sardinas en la bahía de Taiohae. Parece que las capturas por unidad de esfuerzo se fueron reduciendo con el tiempo en varias de las bahías de Nuku Hiva durante el reconocimiento del South Pacific Commission (SPC) y de la Comisión del Atún en 1979-1980, pero no se sabe con certeza si las poblaciones fueron significativamente reducidas ya que la pesca solo se realizó por un período corto. Además, parece que los grandes peces depredadores conocen que los peces de carnada se acumulan alrededor de las luces que se usan para atraer los peces de noche, así que se congregan también alrededor de las luces, alejando a los peces de carnada y disminuyendo las capturas por unidad de esfuerzo.

Es difícil determinar la abundancia de los atunes por los resultados de los reconocimientos del NMFS, la SPC y la CIAT, ya que se emplearon diferentes tipos de barcos, los datos se registraron en diferente forma y relativamente se realizó poco trabajo durante el invierno meridional. Los biólogos del NMFS han declarado que el barrilete es más abundante en las Islas Marquesas durante el verano meridional y los datos de la Comisión del Atún indican que la abundancia de esa especie tendió a reducirse de enero a mayo de 1979. La variabilidad, sin embargo, de estos últimos datos es elevada, así que no puede confiarse demasiado en ellos.

Se puede evaluar el potencial de la pesca comercial en las Islas Marquesas, Tuamotu y Sociedad con relación a otras zonas, al comparar los resultados obtenidos por los mismos barcos o barcos similares que pescan del mismo modo en las zonas mencionadas y en otras zonas. Los únicos datos útiles con referencia a este objetivo son los recolectados por el Skipjack Survey and Assessment Programme de la SPC, que son el resultado de la pesca de unos 3 años realizada por dos barcos similares japoneses que fueron fletados. Estos resultados fueron publicados por la SPC en una serie de Informes Provisionales. Se eligieron dos índices de la pesca comercial potencial, el número de cardúmenes visto por hora de pesca y el número de peces marcado por hora de pesca. Cada uno de estos índices, si no se considera concurrentemente con otra información, tiene serias deficiencias. El primero no considera la composición de las especies o tallas de los cardúmenes o la facilidad relativa en que pueden capturarse los peces y el segundo no considera si el barco tiene suficiente carnada (si es que la tiene), la talla del pez

o la porción de los peces capturados que fueron marcados. Cuando se examinan juntos ambos índices es posible obtener más comprensión referente al potencial relativo de la pesca comercial del barrilete y del aleta amarilla en varias de las zonas. Parece según estos datos que el potencial de la pesca comercial es algo menos que el promedio en las Islas Marquesas y cerca al promedio en las Islas Tuamotu y las Islas Sociedad. Inmediatamente, son evidentes dos factores que afectan los resultados en las zonas consideradas en este estudio. Primero, los reconocimientos en las Islas Marquesas se realizaron solo en diciembre y enero, época del año en la que se cree que la pesca es mejor en esa zona. Segundo, se gastó una parte considerable de tiempo en las Islas Tuamotu en 1980, en zonas desprovistas de pesca, mientras se viajaba de ida y regreso a las islas Pitcairn y Gambier. Si la pesca se hubiera llevado a cabo solo al noroeste de las Islas Tuamotu, los resultados allí hubieran sido mucho mejores. No es apropiado analizar más en este informe los resultados de las varias zonas, ya que los datos fueron obtenidos por la SPC y ese organismo los ha de analizar detalladamente.

La mayoría de los cardúmenes vistos en la Polinesia francesa se encontraban asociados con aves, pero algunas veces, especialmente en días calmados, se veían cardúmenes en forma de brisa o hervidero. Estos cardúmenes generalmente se desplazaban rápidamente y tendían a cambiar repentinamente de dirección. En las Islas Marquesas la pesca es mejor por la tarde que por la mañana, especialmente después de las 3:00 p.m.

## **INVESTIGACION EN 1981**

### **ABUNDANCIA DE ATUNES Y RESULTADOS DE PESCA**

#### **Orientación actual de la captura por día normal de pesca**

Los investigadores de la Comisión emplean la captura por día normal de pesca (CPDNP) como un índice de la abundancia relativa y aparente del aleta amarilla y barrilete, y también, como un índice del éxito relativo de pesca. La CPDNP se calcula según los datos de bitácora que se obtienen de la mayoría de las embarcaciones que pescan atún en el Océano Pacífico oriental. La CPDNP se encuentra afectada por los cambios temporales y geográficos de la disponibilidad y vulnerabilidad de los peces, como también por la variabilidad en la distribución del esfuerzo pesquero. Los resultados de algunos de estos cambios se pueden calcular y corregir; se supone que los otros se compensan a la larga. Desde principios de la década de los sesenta, la mayor parte del atún aleta amarilla y barrilete ha sido capturada por embarcaciones con cerco; por lo tanto, la CPDNP de estas embarcaciones sirve como el índice principal para examinar los cambios en la abundancia relativa y aparente.

La CPDNP (toneladas americanas) mensual de aleta amarilla y barrilete obtenida en el ARCAA se presenta en las Figuras 4 y 5 para 1960-1981. Las

estimaciones anuales de la CPDNP están representadas por líneas sólidas horizontales. Los datos de 1981 son preliminares.

### ***CPDNP de atún aleta amarilla***

No hubo restricción de pesca de aleta amarilla hasta 1966 y para calcular la CPDNP se emplearon todos los datos de bitácora de los barcos que llenan ciertos requisitos sobre la composición de las especies y la precisión de los datos. Desde 1966 hasta 1980, cuando se encontraban vigentes las reglamentaciones que limitaban la captura del aleta amarilla, se empleaban solo los datos de viajes sin reglamentar para calcular la CPDNP. En 1962, se comenzó a efectuar el ajuste de la CPDNP con relación a los cambios en el número de los lances positivos para corregir los cambios en la eficacia de las artes.

La CPDNP fue máxima en 1960, en la época en que las artes con cerco llegaron por primera vez a ser el método dominante de pesca. La CPDNP se redujo agudamente en 1961 y 1962, y el valor de 1963 fue casi igual al de 1962. En 1964, la CPDNP aumentó substancialmente pero volvió a reducirse nuevamente en 1965, llegando casi al nivel de 1962-1963. En 1966 la CPDNP aumentó y esta tendencia ascendente continuó en 1967 y 1968, a medida que la pesca se extendía mar afuera. Sin embargo, no alcanzó el nivel de 1960. La CPDNP en 1969 y 1970, permaneció cerca al nivel de 1968. En 1971 la CPDNP se redujo pero en 1972, volvió al nivel de 1968-1970. En 1973 la CPDNP declinó y esta reducción continuó hasta 1980, cuando la CPDNP anual alcanzó el punto más bajo de la serie de años que se había iniciado en 1960. En 1981 la CPDNP aumentó por primera vez desde 1976, pero el valor sigue siendo el segundo más bajo en la serie.

Los valores anuales de la CPDNP se calculan usando todos los datos de la captura y el esfuerzo sin reglamentar de cada año. Desde 1967 hasta 1976, la cantidad de esfuerzo sin reglamentar fue reducido fuertemente en el último semestre del año porque la fecha de clausura del atún aleta amarilla se establecía, por lo general, temprano en el año. Antes de 1966, no existían restricciones en la pesca del aleta amarilla y comenzando en 1977, la cantidad de esfuerzo sin reglamentar empezó a aumentar en el segundo semestre del año debido a la veda relativamente tarde de la pesca irrestricta de esta especie. En 1980, el único esfuerzo reglamentado fue el de los viajes que empezaron tarde en 1979 y continuaron en 1980. En 1981, no estuvieron vigentes las reglamentaciones. Como la primera parte del año, por lo general, es la temporada de mayor abundancia de atún aleta amarilla, como puede verse en la Figura 4 en las CPDNP mensuales de 1960-1965, es posible que se haya estimado en exceso la abundancia anual del aleta amarilla de 1967-1977, en los que la mayor parte del esfuerzo anual se concentraba en los meses en que la CPDNP era comúnmente superior. Con el fin de examinar esto, se ha calculado la CPDNP según los datos y el esfuerzo de los cuatro primeros meses de cada año; estos valores están representados por líneas horizontales a puntos en la Figura 4. Los valores de enero a abril de la CPDNP son considerablemente superiores a los valores anuales

en 1960–1965, antes de la reglamentación del aleta amarilla. En los años en que las reglamentaciones estuvieron vigentes, los valores anuales y los valores de enero-abril eran más similares. Esto indica que posiblemente los valores anuales de 1967 a 1977, se han estimado an exceso en comparación a los de otros años anteriores. Sin embargo, cuando se empezó en 1977 a prolongar el período sin reglamentar, los valores de la CPDNP anual y de la CPDNP de enero a abril permanecieron bastante similares. La CPDNP mensual fue insólita en 1981, ya que los valores fueron bajos al comienzo del año y altos en junio, julio y septiembre.

#### ***La CPDNP de barrilete***

La CPDNP anual y mensual de barrilete desde 1960 a 1981, se presenta en la Figura 5. En la mayoría de los años entre 1960 y 1973, la CPDNP fue máxima a mediados del año y mínima al principio y fin del año. Sin embargo, en los últimos años, la fluctuación estacional de la CPDNP ha variado de un año a otro. La CPDNP anual ha sido máxima en 1963, 1967, 1971 y 1978. Se presentaron puntos bajos en 1960, 1961, 1970, 1972, 1973 y 1977. En 1981, la CPDNP anual ascendió algo de los valores de 1979 y 1980, y se encuentra aproximadamente al mismo nivel de los últimos años.

#### **Captura por tonelada de capacidad de acarreo (CPTCA)**

La captura por tonelada de capacidad de acarreo (CPTCA) sirve como un índice para examinar los cambios relativos en las ganancias brutas de las diferentes capacidades de los barcos de un año a otro. La CPTCA se calcula al dividir la captura total de todos los barcos de una clase de arqueo determinada por el tonelaje total de la capacidad de acarreo de esa clase de arqueo. Esto se hace con referencia a cada especie y todas las especies combinadas. Las embarcaciones empleadas incluyen toda la flota cerquera internacional que pesca en el ARCAA, de 101 o más toneladas de capacidad de acarreo, que han pescado sin reglamentación cada año en el ARCAA. Las embarcaciones se han clasificado de acuerdo a la clase de arqueo en la forma siguiente: clase 3, 101-200 toneladas; clase 4, 201-300 toneladas; clase 5, 301-400 toneladas; clase 6, 401-600 toneladas; clase 7, 601-800 toneladas; clase 8, 801-1000 toneladas; clase 9, 1001-1200 toneladas; clase 10 más de 1200 toneladas.

La CPTCA de atún aleta amarilla, barrilete, otras especies y todas las especies combinadas se presenta de 1961 a 1981, en la Tabla 5, por clase de arqueo y por todas las clases de arqueo combinadas. Las “otras especies” incluyen *Thunnus obesus*, *Thunnus thynnus*, *Sarda chiliensis*, *Thunnus alalunga*, *Euthynnus lineatus* y pequeñas cantidades de otras tres o cuatro especies. Las cifras de 1981 son preliminares. La CPTCA de 1981, de todas las clases de arqueo combinadas es 1.09, algo superior al valor de 1980 de 0.96, el valor más bajo de la serie que principió en 1961. La CPTCA de barrilete en 1981, es 0.72, un poco inferior al promedio de los últimos años. La CPTCA de 1981, de todas las clases

de arqueo y de todas las especies combinadas es 1.90, algo inferior al valor de 1980, de 1.91 que fue el anterior más bajo en la serie. La CPTCA de 1981, de todas las especies combinadas, fue superior para la clase 4 de arqueo (2.73) y mínima para la clase 8 de arqueo (1.47).

### **Normalización de los índices de captura**

El índice de la proporción de captura usado actualmente por la Comisión, la CPDNP, emplea los días de pesca como la medida del esfuerzo y normaliza el esfuerzo de los barcos con diferentes capacidades usando el método de las proporciones. En este estudio el esfuerzo de pesca ha sido definido como el tiempo transcurrido entre los lances positivos y los índices de captura han sido normalizados según una serie de características del barco, condiciones ambientales y modas de pesca, empleando un modelo lineal y general.

Las características del barco que se emplean son la capacidad del barco (0-499 toneladas, 500-999 toneladas y 1000 o más toneladas), su velocidad, antigüedad, si recibe o no ayuda aérea, longitud y altura de la red. Las variables ambientales son la temperatura de la superficie del mar y la velocidad del viento. Las proporciones de captura fueron calculadas usando datos ininterrumpidos de cada viaje de pesca realizado en cada mes y cada zona de 5°. Estos índices de captura se consideraron como observaciones individuales y se clasificaron por zona (en el ARCAA y fuera de la misma), trimestres del año, capacidad de los barcos y moda de pesca.

La moda de pesca fue determinada por la proporción de los lances de diferente tipo en cada mes y zona de 5°. Se definió como “delfín” si dos terceras partes o más de la captura del aleta amarilla, del barrilete o de ambos se obtuvo en lances asociados con delfines o “cardúmenes de peces u objetos flotantes” si dos terceras partes o más de la captura provino de lances sobre cardúmenes de peces no asociados con delfines o sobre objetos flotantes. Como algunas categorías en la clasificación final no tienen observaciones o muy pocas, por ejemplo, los meses y zonas de 5° en los que no predominó ningún tipo de moda de pesca, se emplean solo tres combinaciones de zona y moda de pesca en el modelo lineal. Estas fueron, los estratos de los cardúmenes de peces y objetos flotantes en el ARCAA, los estratos de los delfines en el ARCAA y los estratos de los delfines fuera de la misma.

Se investigaron los efectos de estos parámetros en el logaritmo de los índices de captura del aleta amarilla, empleando los datos de 1970 a 1981. Los datos de 1981, no están aún completos y, por consiguiente, las estimaciones son provisionales. Después de eliminar las variables que no tuvieron consecuencias importantes, se obtuvo el análisis de la varianza presentado en la Tabla 6.

Después de ajustar los datos y al tomar en cuenta el efecto de cada factor significativo, se calculó la abundancia aparente de cada una de las tres combinaciones principales de zona y moda de pesca, las que se presentan en la Figura 6.

Todos los recuadros en la Figura 6 indican una reducción en el índice de captura desde 1970, siendo la más marcada la de los estratos de los cardúmenes de peces y objetos flotantes en el ARCAA, que en 1981, fue solo el 25% de su valor en 1970. La pauta de reducción ha sido diferente en cada tipo de estrato; los estratos de los delfines en el ARCAA han indicado una reducción moderadamente constante desde 1970, en cambio en la zona fuera del ARCAA, el índice de captura en los estratos de delfines no declinó sino después de 1973. La explotación de la zona exterior no comenzó sino a fines de los años sesenta y solo en 1972, la captura alcanzó 40 mil toneladas. La gran reducción en 1971, en el índice de captura, en los estratos de los cardúmenes de peces y objetos flotantes y la subsiguiente recuperación en 1972, fue una fluctuación demasiado grande para que hubiera sido causada solamente por los cambios en la abundancia. Lo más probable es que ésto indique un cambio en la vulnerabilidad que no fue asociado a los factores de normalización usados en el modelo.

### El índice de la abundancia y los grupos de edad del barrilete

Se ha estimado un índice lineal de crecimiento según las progresiones modales de 1976, de 17.4 cm/año para el barrilete del Pacífico oriental. Las estimaciones del crecimiento de los datos del marcado se consideran más confiables que aquellas de las progresiones modales. Las estimaciones preliminares del crecimiento lineal de barrilete según los datos del marcado fluctúan de 17.2 a 33.0 cm/año. Por consiguiente, se volvió a calcular la cantidad de barrilete en cada grupo de edad usando los índices de crecimiento de 24 y 32 cm/año, además de aquella que ya se había calculado usando un índice de 17 cm/año, con el fin de abarcar el intervalo obtenido por los datos del marcado. Se eligieron índices de 24 y 32 cm/año por ser fáciles de dividir en los trimestres del año. Las longitudes de horquilla empleadas para asignar el barrilete a los grupos de edad de acuerdo a los tres índices del crecimiento lineal se presentan en la Tabla 7. Se supone que los peces de 0+ edad son aquellos menores de 12 meses, los peces de 1+ años se supone que tengan entre 12 y 24 meses de edad y se calcula que los peces de 2+ años tienen más de 24 meses.

La distribución de la frecuencia de talla del barrilete en el Pacífico oriental parece cambiar después de 1970, así que la media de las proporciones de las cantidades de peces en cada grupo de edad fue calculada separadamente durante los períodos de 1961-1970 y 1971-1980. A continuación se presenta la media de las proporciones calculada durante los dos períodos de acuerdo a los tres índices de crecimiento:

Índice de crecimiento (cm/año)	1961-1970			1971-1980		
	0+	1+	2+	0+	1+	2+
17	0.061	0.833	0.106	0.117	0.615	0.268
24	0.037	0.886	0.077	0.087	0.703	0.210
32	0.024	0.916	0.060	0.072	0.768	0.160

Durante el último período se encontraban proporciones más pequeñas de peces de 1+ años y mayores proporciones de peces de 0+ años y 2+ años que en el primer período.

Las proporciones de peces de 1+ años fueron respectivamente 26, 21 y 16 por ciento inferiores en el último período con respecto a los índices de crecimiento de 17, 24 y 32 cm/año que en el período anterior. No se han investigado aún las causas de estas diferencias, pero es posible que se hayan capturado más peces de 0+ años y de 2+ años en las zonas de pesca explotadas en el último período. Es evidente que si se aumenta el índice de crecimiento en los cálculos del grupo de edad, esto aumenta la proporción de los peces de 1+ años y reduce las proporciones de los peces más jóvenes y más viejos.

Con el fin de obtener estimaciones de la abundancia menos sesgadas por el esfuerzo predominantemente del aleta amarilla, se emplearon solamente los datos de 22 zonas de 5 grados en las que se había capturado la mayor parte del barrilete. Los datos empleados de la captura y el esfuerzo se limitaron a los estratos de trimestre y zona que tenían un mínimo de 100 días registrados de esfuerzo, normalizados a días de la clase 3 de arqueo de los barcos cerqueros y un mínimo de 200 toneladas registradas de captura de barrilete. Durante el período de 1961-1979, este método eliminaba un promedio del 43 por ciento del esfuerzo, reteniendo en cambio el 89 por ciento de la captura de barrilete en las 22 zonas.

Sin embargo, en 1980, el método fracasó porque se capturó poco barrilete en las 16 zonas tradicionales de pesca al sur de los 15°N y aunque se eliminó el 42 por ciento del esfuerzo en todas las 22 zonas, solo se retuvo por este método el 65 por ciento del barrilete capturado en esas zonas. No solamente fue el 47 por ciento de la captura de barrilete en el ARCAA pescado al norte de los 15°N, pero se capturaron además 19 mil toneladas fuera del ARCAA en donde por lo general las capturas de barrilete son muy inferiores.

Al graficar la captura anual registrada que podía usarse de las 22 zonas contra el total de la captura anual de todas las zonas al este de los 150°, se indica una correlación elevada, con excepción de 1980, en donde la captura de las 22 zonas cae mucho más abajo que los gráficos de los otros años y la de 1977, cuando se reduce moderadamente debajo de los otros gráficos. En 1980, la mayoría del barrilete capturado fuera de las 22 zonas se pescó en 9 zonas de 5 grados entre los 5°N y 15°N, y entre los 105°W y 140°W. Al agregar la captura utilizable registrada de 32,500 toneladas de esas 9 zonas a la de 55,800 toneladas de las 22 zonas, se aproxima la captura utilizable registrada de 1980 a la de los otros gráficos. Similarmente, al agregar la captura utilizable registrada de 8,100 toneladas de las tres zonas fuera de las 22 zonas a la de 38,900 toneladas de las 22 zonas, se aproxima la captura utilizable registrada de 1977 a la de los otros gráficos. Los datos preliminares de 1981, indican además, que se capturó una cantidad de barrilete superior a lo normal fuera de las 22 zonas. No se ha

propuesto aún ninguna explicación por el aumento en las capturas fuera de las zonas tradicionales de pesca de esta especie.

Aunque se ha considerado que el método de estimar la CPUE del barrilete de toda la pesca, seleccionando los datos en las 22 zonas tradicionales de 5 grados, ha tenido un éxito moderado al eliminar una gran parte del esfuerzo predominantemente dirigido al atún aleta amarilla, es dudoso en estos dos años porque se han excluido grandes cantidades de barrilete capturadas fuera de las 22 zonas. Se cree que al calcular los índices de captura (cantidad de peces por día) y de la CPUE (toneladas por día) sea más razonable incluir en 1980, los datos de las 9 zonas exteriores y en 1977, los de las 3 zonas exteriores, debido a las grandes cantidades de barrilete allí capturadas, en lugar, de persistir y emplear solo los datos de las 22 zonas, omitiendo las grandes capturas fuera de esas zonas durante estos años anómalos. Evidentemente, es necesario modificar este método: se está considerando utilizar en un año todas las zonas de 5 grados que tengan un mínimo de esfuerzo y de captura de barrilete por trimestre, sin miras a la localidad, cuando se realicen en el futuro los cálculos de los índices de captura y de la CPUE del barrilete.

## ESTRUCTURA DE LA POBLACION Y MIGRACION

### Marcado de atún

En marzo, abril y mayo de 1980, se realizó un crucero de marcado frente a la América Central a bordo del barco fletado de carnada *Sarah Ann*. El objetivo principal de este crucero fue adquirir más conocimiento sobre los desplazamientos, en esta zona, de los pequeños atunes aleta amarilla y barriletes y calcular hasta qué punto contribuyen a las capturas de los peces de altura. Además, parte de estos peces se iban a marcar con tetraciclina, haciendo una réplica de los experimentos de tetraciclina iniciados en 1976 y 1979. La carnada fue capturada en el Golfo de Panamá con permiso del gobierno panameño. Los resultados hasta ahora son los siguientes:

Zona	Fecha	Especie	Liberados	Recapturados		
				1980	1981	?
frente a Guatemala	marzo	barrilete negro	25	0	0	0
frente a Costa Rica-Panamá	abril	aleta amarilla	1,235	78	12	8
		barrilete	1,798	91	6	4
		barrilete negro	28	0	0	0
frente a Nicaragua	abril	aleta amarilla	104	20	1	1
		barrilete	20	0	0	0
		barrilete negro	16	0	0	0
Total		aleta amarilla	1,339	98	13	9
		barrilete	1,818	91	6	4
		barrilete negro	69	0	0	0



La proporción de las recapturas en este crucero fueron considerablemente inferiores a las de un crucero similar iniciado durante la misma época en el año de 1979. La mayoría de las recapturas de los peces marcados en el crucero de 1979, se obtuvieron frente a Colombia y el Ecuador en el mismo año; durante la mayoría del año de 1980, hubo poca pesca en esta zona, ésta pudo ser la razón de la diferencia. Las zonas de recaptura del atún aleta amarilla y barrilete marcados y liberados frente a Costa Rica y Panamá se presentan en las Figuras 7 y 8.

En octubre y noviembre de 1980, se fletó el barco de carnada *Mary K.* para tratar de capturar grandes atunes aleta amarilla (más de 80 cm) y grandes barriletes (más de 55 cm), inyectarlos con tetraciclina, marcarlos y luego liberarlos.\* El objetivo de este experimento se explica en la sección de este informe titulada "Estudio de la edad del aleta amarilla y barrilete." Los resultados hasta ahora son los siguientes:

Zona	Fecha	Especie	Talla	Tratamiento	Liberados	Recapturados		
						1980	1980	?
Baja California	oct.	AA	pequeño	—	1	0	0	0
Isla Socorro	oct.	AA	pequeño	—	22	1	2	0
		AA	grande	tetraciclina	1	0	1	0
Banco Huracán	oct.	AA	pequeño	—	102	4	6	40
		AA	pequeño	tetraciclina	146	4	5	56
		AA	grande	tetraciclina	1	0	0	0
		Barr.	pequeño	—	1	0	0	0
		Barr.	pequeño	tetraciclina	2	0	0	0
Isla de San Benedicto	oct.-nov.	AA	pequeño	—	187	21	45	2
		AA	pequeño	tetraciclina	2	0	0	0
		AA	grande	tetraciclina	105	16	56	1
Roca Partida	oct.-nov.	AA	pequeño	—	93	13	8	3
		AA	pequeño	tetraciclina	57	11	5	2
		AA	grande	tetraciclina	2	1	0	0
		Barr.	pequeño	—	68	29	1	12
		Barr.	pequeño	tetraciclina	26	13	0	3
		Barr.	grande	tetraciclina	144	70	1	15
Isla Clarión	nov.	AA	pequeño	—	6	0	0	1
		AA	pequeño	tetraciclina	86	9	26	5
		AA	grande	tetraciclina	429	48	109	14
Total		AA	pequeño	—	411	39	61	46
		AA	pequeño	tetraciclina	291	24	36	63
		AA	grande	tetraciclina	538	65	166	15
		Barr.	pequeño	—	69	29	1	12
		Barr.	pequeño	tetraciclina	28	13	0	3
		Barr.	grande	tetraciclina	144	70	1	15

Un análisis preliminar de los datos resultó en los siguientes índices de crecimiento: talla de liberación 801-900 mm, 1.14 mm por día (58 lpeces); talla de liberación 901-1000 mm, 1.28 mm por día (54 peces); talla de liberación 1001-1100 mm, 1.07

\*La licencia 242-654 para este crucero y una extensión de la misma 242-754, fueron otorgadas por el Departamento de Pesca de México.

mm por día (5 peces); talla de liberación 1101-1200 mm, 0.83 mm por día (4 peces).

En marzo, abril y mayo de 1981, se realizó un crucero de marcado frente a la parte septentrional de la América del Sur, la América Central y la Isla de Clipperton a bordo del barco de carnada fletado *Mary K*. El objetivo de este crucero fue esencialmente igual al del crucero realizado del año anterior a bordo del barco de carnada *Sarah Ann*, con excepción de que se agregaron dos zonas nuevas de liberación, la parte septentrional de Sudamérica y la Isla de Clipperton y se realizaron experimentos de marcado sónico.

Se diseñó y construyó un nuevo sistema de cunas en este crucero. Básicamente, los pescadores que se encuentran en la esquina de babor en la popa del barco, capturan los peces y los depositan en conductos de tela adheridos a las estructuras de tuberías. Los conductos se inclinan hacia las tres cunas, una a babor y dos en la popa del barco, en esta forma los peces se deslizan desde donde fueron capturados hacia las cunas. Los ayudantes que se encuentran cerca a las cunas, desenganchan el anzuelo cuando es necesario y los empujan de cabeza en las cunas uno a la vez. Después de que se marcan los peces se arrojan sobre la borda (en dos cunas) o se alzan a un conducto de salida (en la tercera cuna). Las ventajas principales de este sistema son: (1) los pescadores tienen un lugar más grande donde depositar los peces; (2) se pueden medir las porciones de peces que van a cada cuna; (3) las cunas se encuentran bien alejadas de las plataformas donde se encuentran los pescadores, lo que hace que la maniobra sea de varias formas mucho más eficaz.

La carnada se capturó en el Golfo de Panamá con permiso del gobierno panameño.

Los resultados hasta la fecha de este crucero son los siguientes:

Zona	Fecha	Especie	Tratamiento	Liberados	Recapturados
Golfo de Panamá	marzo	aleta amarilla	—	1	1
Ecuador	marzo-abril	aleta amarilla	—	451	189
		barrilete	—	424	144
		barrilete negro	—	1	0
Colombia	abril	aleta amarilla	—	160	46
		barrilete	—	240	34
		barrilete negro	—	14	2
Costa Rica-Panamá	abril	aleta amarilla	—	694	345
		barrilete	—	1,298	210
		barrilete negro	—	632	69
Golfo de Panamá	abril	aleta amarilla	—	639	82
		aleta amarilla	tetraciclina	47	5
		barrilete	—	220	18
		barrilete	tetraciclina	1	0
		barrilete negro	—	33	0

desde la América Central hasta la Isla de Clipperton	mayo	barrilete	—	12	0
Isla de Clipperton	mayo	aleta amarilla	—	1,549	39
		aleta amarilla	tetraciclina	429	11
		barrilete	—	8	0
		barrilete negro	—	139	0
		barrilete negro	tetraciclina	27	0
Total		aleta amarilla	—	3,494	702
		aleta amarilla	tetraciclina	476	16
		barrilete	—	2,190	406
		barrilete	tetraciclina	1	0
		barrilete negro	—	819	71
		barrilete negro	tetraciclina	27	0

Las zonas de recaptura del atún aleta amarilla y barrilete marcados y liberados en la zona de Costa Rica–Panamá se presentan en las Figuras 9 y 10. En el período de fines de septiembre a principios de diciembre de 1981, se recapturaron frente al Golfo de Guayaquil 10 atunes aleta amarilla y 2 barriletes que se habían liberado frente a Costa Rica y Panamá, y un aleta amarilla que se había liberado en el Golfo de Panamá.

De los aleta amarilla liberados en la vecindad de la Isla de Clipperton, se recapturaron 22 ahí mismo en los alrededores o al este de allí, se recapturaron 3 cerca de las Islas Revillagigedo, se recapturaron 15 al norte de los 20°N, se recapturó 1 al sur de la línea ecuatorial y no se tienen suficientes datos en la recaptura de 4 de ellos.

Se colocaron en cuatro atunes aleta amarilla transmisores sónicos, dos en el Golfo de Panamá y dos en la Isla de Clipperton. Estos transmisores, retransmitían información al barco sobre la posición de los peces y la profundidad a la que se encontraban. Al mismo tiempo se obtuvieron datos sobre el perfil de las temperaturas verticales con batitermógrafos desechables. En la Tabla 8 se enumeran algunos de los detalles de la localización. Tres de los cuatro atunes aleta amarilla localizados, gastaron la mayor parte del tiempo en la termoclina, frecuentemente a profundidades en las que el gradiente termal era más pendiente. Realizaron frecuentes excursiones a través de la termoclina en la capa mixta y pocas zambullidas debajo de la termoclina, pero regresaron siempre a un punto de referencia en la termoclina. La temperatura y la concentración de oxígeno a esa profundidad en el Golfo de Panamá era de 20°C y la saturación de la superficie de 40 a 60%. El único de los cuatro peces que se desvió de esta norma, se asoció con un cardumen de delfines manchados cuando se marcó. Este pez permaneció en la capa mixta encima de la termoclina, excepto por tres zambullidas a través de la termoclina a una profundidad máxima de 60 metros. Uno de los hallazgos más interesantes fue la gran profundidad a la que el tercer pez descendió. La temperatura a esa profundidad era de unos 9°C (48°F) y se supone que la presión

parcial de oxígeno era bastante baja. Se espera que los resultados en estos experimentos sean de un valor considerable tanto para los científicos como para los pescadores.

En octubre-noviembre de 1981, se fletó el barco *Mary K.* para realizar otro crucero de marcado.\* Los dos objetivos principales de este crucero fueron marcar atún aleta amarilla frente a la costa meridional de México y marcar atún aleta amarilla, barrilete y barrilete negro frente a la Isla de Clipperton. Se iban a inyectar algunos de estos peces con tetraciclina para estudiar su crecimiento. El segundo objetivo fue capturar atún aleta amarilla, especialmente peces que midieran más de 80 cm en la zona de las Islas Revillagigedo y en el Banco Huracán, marcarlos e inyectarlos con tetraciclina antes de liberarlos. Los resultados hasta la fecha son:

Zona	Fecha	Especie	Tratamiento	Liberados	Recapturados
Isla de Clipperton	octubre	aleta amarilla	—	1,057	0
		aleta amarilla	tetraciclina	12	0
		barrilete	—	51	0
		barrilete negro	—	407	1
México meridional	noviembre	aleta amarilla	—	69	0
Isla de Clipperton	noviembre	aleta amarilla	—	25	0
		aleta amarilla	tetraciclina	181	0
		barrilete negro	—	5	0
Banco Huracán-Isla Clarión	noviembre	aleta amarilla	—	125	23
		aleta amarilla	tetraciclina	133	28
Total		aleta amarilla	—	1,276	23
		aleta amarilla	tetraciclina	326	28
		barrilete	—	51	0
		barrilete negro	—	412	1

La Oficina de Investigación Pesquera y Desarrollo de la República de Corea ha estado distribuyendo marcas a los miembros de las tripulaciones de los barcos palangeros coreanos desde hace ya varios años, para poder marcar atunes más pequeños que la talla normal permitida por la pesca, antes de devolverlos al mar. En 1981, se recibió una recaptura extremadamente interesante de una de estas marcas, los datos son como sigue:

Liberación			Recaptura			Días en libertad	Distancia neta (mn)
Fecha	Zona	Talla (cm)	Fecha	Zona	Talla (cm)		
22 julio 1978	4°05'N-159°15'W	79 (21 li-bras o 9 k)	29 agosto 1981	17°38'N-117°48'W	desconocida (est. 160 libras o 73 k)	1,135	2,567

\*Licencia 240-210 y su rectificación, 242-0069, fueron otorgadas por el Departamento de Pesca de México.

Esta es la primera documentación que se tiene de un atún aleta amarilla marcado y liberado al oeste de los 150°W, que haya sido recapturado en el Pacífico oriental. Sin embargo, debe indicarse, que se han marcado y liberado muy pocos atunes aleta amarilla al oeste de los 150°W, especialmente en el hemisferio boreal, en las que esas liberaciones se encuentran cerca de las zonas principales de pesca del Pacífico oriental. Aún más, ningún atún aleta amarilla marcado y liberado en el Pacífico oriental ha sido recapturado al oeste de los 150°W. Esto, sin embargo, no es sorprendente, ya que la mayoría del aleta amarilla marcado en el Pacífico oriental ha sido pequeño, el índice de mortalidad de esta especie es elevado y la pesca principal de aleta amarilla en el hemisferio boreal entre los 150°W y 180° es realizada por las artes palangreras, que capturan peces más grandes y viejos.

En enero de 1981, los científicos del National Marine Fisheries Service de los EEUU, al conducir un reconocimiento de la pesca palangrera de albacora frente a California meridional, marcaron cuatro barriletes capturados con curricán con marcas de la Comisión del Atún y los liberaron. Uno de estos fue recapturado; los datos son los siguientes:

Liberación			Recaptura			Días en libertad	Distancia neta (mn)
Fecha	Zona	Talla (cm)	Fecha	Zona	Talla (cm)		
17 de enero 1981	32°35'N-125°30'W	50	10 de mayo 1981	22°51'N-110°43'W	65.5	114	997

Jamás se había devuelto en el Pacífico oriental un barrilete marcado y liberado tan al noroeste.

El cuarto crucero exploratorio de pesca y de marcado a la Polinesia francesa y las Islas Pitcairn de la Comisión se describió en el informe anual de 1980 de la Comisión. En 1981, se recibieron las siguientes recapturas que son de bastante interés:

Especies	Liberación			Recaptura			Días en libertad	Distancia neta (mn)
	Fecha	Zona	Talla (cm)	Fecha	Zona	Talla (cm)		
Barrilete	12 diciembre 1979	10°29'S-141°11'W	49	28 febrero 1981	2°37'N-171°52'W	64.5	435	1,994
Barrilete	11 enero 1980	8°56'S-140°17'W	50	1981	0°22'N-175°28'W	?	?	2,175
Barrilete	14 enero 1980	9°11'S-140°06'W	50	2 marzo 1981	2°06'N-168°59'W	?	414	1,851
Aleta amarilla	4 febrero 1980	24°54'S-130°03'W	75	16 diciembre 1980	14°37'S-90°50'W	120	317	2,290
Aleta amarilla	4 febrero 1980	25°00'S-130°07'W	76	5 marzo 1981	7°45'S-121°50'W	?	457	1,139
Aleta amarilla	12 febrero 1980	16°21'S-146°57'W	?	13 julio 1981	8°14'N-139°25'W	?	518	1,541

Los tres barriletes fueron liberados en las Islas Marquesas y se habían desplazado al oeste-noroeste hasta la zona norte de las Islas Fénix, donde fueron recapturados por barcos de carnada. Los dos primeros atunes aleta amarilla fueron liberados en la Isla Pitcairn y recapturados por palangreros japoneses. El tercer aleta amarilla fue liberado en las Islas Tuamotu y recapturado por un cerquero de los EEUU. (Vale la pena mencionar que un aleta amarilla liberado en las Islas Marquesas en 1978, fue recapturado por un cerquero estadounidense en los 11°47'N-130°25'W en 1979; los detalles de esta recaptura se presentaron en el informe anual de la Comisión de 1979).

En agosto y septiembre de 1980, se marcaron y liberaron 114 atunes aleta azul en los cerqueros *Anthony M.*, *Commodore* y *Elsinore* frente a la parte septentrional de Baja California. Tres de estos peces fueron recapturados en 1981, dos frente al norte de Baja California y uno frente al sur de California. Se tenían las tallas de liberación y recaptura de estos dos peces y también de otros dos liberados en 1979 y recapturados en 1980. Estos medían en promedio unos 77.2 cm cuando se liberaron y 96.9 cm cuando fueron recapturados, estuvieron en libertad unos 355 días y crecieron en promedio 0.55 mm por día.

De enero a abril de 1980, se marcaron y liberaron frente a la parte sur del Japón 704 atunes aleta azul de la generación de 1979. Estas liberaciones produjeron 57 recapturas en 1981, 33 en el Pacífico occidental y 24 en el Pacífico oriental. Las zonas de liberación y recaptura se presentan en la Figure 11. Los peces que permanecieron en el Pacífico occidental tenían un promedio de 50.2 cm cuando fueron liberados y 87.4 cm cuando se recapturaron, estuvieron en libertad unos 491 días y crecieron en promedio 0.76 mm por día. Aquellos que se desplazaron al Pacífico oriental tenían un promedio de 49.8 cm cuando fueron liberados y 77.4 cm cuando fueron recapturados, estuvieron en libertad unos 507 días y crecieron en promedio solo 0.54 mm por día. La diferencia en los índices de crecimiento de los dos grupos de peces es evidentemente importante para cualquiera que emplee los modelos de la estructura de la edad para determinar la condición de la población del aleta azul en el Océano Pacífico.

Además, de agosto a septiembre de 1980, se marcaron y liberaron frente a la parte sudeste de Shikoku 106 atunes aleta azul de la generación de 1980. Uno de éstos fue recapturado en julio de 1981 a los 39°30'N-149°05'E. Había crecido de 25 a 65.4 cm en 326 días en libertad, un promedio de 1.24 mm por día. (No es sorprendente que el índice de crecimiento fuera superior para estos peces, ya que el crecimiento en su primer año de vida es bastante rápido a fines del verano y principios del otoño, como lo indicaremos enseguida).

Un empleado de la Comisión estuvo en marzo y parte de abril de 1981, en la parte meridional del Japón, donde iba a marcar aún aleta azul durante la temporada más productiva de las pescas de arrastre en el invierno-primavera. Sin embargo, por primera vez en muchos años, la pesca allí durante marzo y abril fue un fracaso completo, así que no le fue posible marcar ningún pez.

En julio-septiembre de 1981, un empleado de la Comisión del Atún ayudado por dos estudiantes localmente contratados marcaron y liberaron frente al sudeste de Shikoku 3,297 atunes aleta azul de la generación de 1981. En 1980, se habían usado marcas de dardo de tamaño normal, pero en 1981, se emplearon marcas de dardo más pequeñas en la mayoría de los peces. En esta forma fue posible marcar peces tan pequeños como de 15 cm de longitud, en cambio la talla mínima de los peces marcados en 1980, fue de 22 cm. Las zonas de liberación y recaptura de estos peces se presentan en la Figura 12. En 1981, se recibió un total de 264 de éstos. Cuando fueron liberados medían en promedio 20.9 cm y 40.0 cm cuando se recapturaron, estuvieron en libertad unos 87 días y crecieron en promedio 2.2 mm por día.

### **Estudios de las subpoblaciones**

Los estudios emprendidos en este programa como en los años anteriores han sido orientados para determinar hasta qué punto los peces de diferentes zonas geográficas capturados en diferentes épocas necesitan ser considerados separadamente en la administración.

#### ***Estudios de la proteína del suero y de la variación morfológica en atunes aleta amarilla y barriletes***

En la última década, la Comisión emprendió estudios encauzados tanto para definir como para estudiar las implicaciones administrativas de la variación geográfica en el atún aleta amarilla y el barrilete. Se emprendieron estudios sobre la proteína del suero como también de la variación morfométrica para determinar si el barrilete y el atún aleta amarilla de diferentes zonas geográficas eran reconociblemente diferentes. Los análisis anteriores de estos estudios han producido resultados inconclusivos. Aunque existen pruebas de que tanto las muestras de atún aleta amarilla como de barrilete obtenidas en diferentes zonas geográficas y en diferentes años no son similares en sentido estadístico, no hay mayores diferencias. La variación estadística en las muestras recolectadas en cada zona geográfica es grande con relación a las diferencias observadas entre las zonas geográficas y los años. Aunque la variación estadística tiene una base, se esperan análisis más detallados y sofisticados en el significado biológico y las implicaciones en la administración pesquera. Con ésto en mente, la Comisión se dedicó a reunir la base de los datos en una forma fácilmente comprensible y accesible. El objetivo a corto plazo es describir detalladamente tanto la metodología como la base de los datos, en esa forma los investigadores de la Comisión como los de fuera podrán realizar otros estudios. El objetivo a largo plazo es empezar una serie de análisis orientados a las cuestiones fundamentales biológicas y específicamente a la genética de las poblaciones. En 1980, se empezó formalmente la compilación y la descripción del origen de los datos.

En 1981, se terminó la recopilación del archivo de datos de los estudios genéticos y morfométricos del atún aleta amarilla y barrilete. Cada archivo de datos está formado por un sumario y una sección de datos. El sumario sirve como

clave de las referencias recíprocas. Al usar el sumario se puede identificar una muestra por: barco, número del crucero, número de la muestra morfológica, fecha y localidad de la muestra y fecha del análisis en el laboratorio. Esto facilita la referencia recíproca respecto a los datos preliminares y a informes anteriormente publicados con las muestras y los códigos de las mismas empleados en la sección de los datos del informe.

La sección de los datos incluye una lista de los datos genéticos y morfométricos de cada muestra. Cada una representa lo más aproximadamente posible un evento de pesca, un lance cerquero o la maniobra de un barco de carnada. Cada entrada de datos en una muestra representa un pez muestreado, excepto como se indicó en el informe de datos. Los datos de cada pez se dividieron en cinco segmentos:

1. Datos de la muestra. Este segmento incluye información sobre; los códigos de las muestras, especie, fecha y localidad del muestreo, tipo de barco usado en el muestreo y si los datos se recolectaron de peces frescos o congelados.
2. Datos de los peces. Se anotan aquí los números de identificación de las muestras de los peces, el sexo del pez, si se ha determinado y la longitud de horquilla.
3. Resultados genéticos. Se registraron la esterasa, la transferina y los fenotipos de FGI como también el número de veces que cada pez fue clasificado por cada fenotipo.
4. Otros resultados. Si la muestra sanguínea de un pez se clasificó tentativamente en un fenotipo y luego se volvió a analizar y se registró en otro fenotipo, se anotó, entonces, la clasificación inicial proyectada.
5. Datos morfométricos. Se anotaron para cada pez usado en los estudios morfométricos las medidas de ocho dimensiones externas del cuerpo.

Como se emplearon varios esquemas diferentes del muestreo durante el período experimental, faltan datos en algunos de los segmentos.

Después de terminar con el archivo de los datos, se volvió a examinar cada entrada para comprobarla, usando los datos originales y preliminares. Para verificar aún más la exactitud del origen de los datos, se empleó un número de rutinas de la computadora para arreglar los datos en series. Se arreglaron los datos genéticos de cada muestra por la longitud de horquilla y se agruparon las muestras por zonas para poder realizar una comparación con los informes y sumarios anteriormente publicados. Se están empleando actualmente copias de cintas magnetofónicas de los archivos de datos para obtener impresos de los mismos. Se escribió también un informe en el que se describen detalladamente desde 1969 a 1978, los programas genéticos y morfométricos de muestreo, los análisis electroforéticos realizados en el laboratorio y las etapas adoptadas en la recopilación de los informes de datos.



Aunque la Comisión ha colaborado con otras agencias cuando han solicitado datos específicos y la revisión de informes, el personal no ha terminado aún el análisis detallado de los datos. En el contexto de un análisis, se comparó la distribución de aleles raros en cada muestra con la distribución esperada solo al azar. Las desviaciones entre la distribución observada de los aleles raros FGI y las esperadas al azar no son estadísticamente diferentes. La distribución observada de los aleles raros FGI 1-2 y FGI 3-4 fue comparada en 81 muestras de atún aleta amarilla con aquella esperada por la distribución binomial; la probabilidad de observar, solo al azar, tales diferencias es superior a 0.5. Los investigadores han sostenido que los aleles raros frecuentemente se amontonan en las muestras, suministrando así evidencia de la cohesión biológica en los cardúmenes de peces. Nuestro análisis no apoya esta hipótesis. La cantidad de hacinamiento de los aleles raros en las muestras es lo que esperaríamos solo al azar. Los estudios similares estadísticos emprendidos por el personal de la South Pacific Commission en muestras diferentes de barrilete indican también que las desviaciones no son mayores de lo que se espera solo al azar.

Se examinaron también en este contexto otras declaraciones referentes a las correlaciones entre la talla del pez y la aparición y frecuencia de los aleles raros, la variación geográfica y los datos de marcado.

La conclusión que prevalece en los varios análisis emprendidos es que a causa de la duda y de la complejidad estadística de los datos, se debe sospechar de las inferencias simplicistas. Los análisis necesarios para evaluar estos datos deben ser tanto rigurosos como eficaces. Las suposiciones obtenidas, por la naturaleza de los problemas del muestreo, deben de evaluarse y se deben considerar otras hipótesis.

#### ***Estudios de los índices de mezcla usando elementos residuales químicos***

Se continúan en 1981, los estudios informados en el anuario de 1980, que emplean la variación en los elementos residuales químicos como "marcas naturales." El objetivo general de este programa, como también el de aquellos estudios realizados en años anteriores usando los datos del marcado, la variación morfométrica y la variación de las enzimas, es determinar el grado de mezcla de los atunes de las diferentes zonas geográficas. Los resultados de estos estudios usando los métodos tradicionales han, por varias razones, producido resultados indeterminados. Los estudios basados en la variación de la concentración de los elementos residuales proveen un número de ventajas, la principal es que cada pez puede contener en su esqueleto una composición química que permite al investigador obtener datos útiles con fines productivos. El objetivo específico de esta fase del programa es determinar si los puntos útiles de la variación química son perceptibles y si éstos pueden emplearse para determinar las zonas de origen de los atunes capturados en pesquerías determinadas.

En el informe anual de la CIAT de 1980, se sumaron los resultados de un

estudio experimental realizado sobre el atún aleta amarilla. Este estudio experimental indicó que las muestras de los atunes aleta amarilla juveniles, recolectados en dos zonas geográficas, eran lo suficientemente diferentes en su composición química como para poder reconocerlos fácilmente. Como se analizaron las espinas de los atunes amarilla juveniles, es razonable suponer que estas diferencias se conservarán durante varios años o durante el plazo de vida de los organismos. Estos estudios se emprendieron usando equipo prestado pero no idealmente adecuado. Con el fin de realizar estos primeros análisis, fue necesario pulverizar y formar pelotillas de las espinas dorsales de tres peces diferentes, perdiendo así cualquier información que pueda haber existido en las espinas individuales con dependencia del tiempo.

A causa de tales limitaciones el personal de la Comisión se dedicó a concebir un sistema perfeccionado de la espectroscopia de los rayos X para los estudios referentes a las poblaciones. El objetivo fue realizar análisis similares pero en una muestra pequeña de tejido. El primer trimestre de 1981, fue dedicado a ensamblar las partes, a escribir el programa de la computadora y ensayar la sensibilidad y confiabilidad del sistema. Una vez que se juzgó que el sistema era adecuado, se emprendieron los estudios para determinar tanto la intensidad como la duración de la radiación que las muestras iban a recibir. El sistema se ensayó inicialmente en la Universidad de Princeton. Actualmente se encuentra instalado en el California Institute of Technology en Pasadena. Allí se hicieron otras modificaciones con el fin de reducir irradiaciones peligrosas y para permitir que el sistema funcionara apropiadamente en el nuevo ambiente.

Los párrafos siguientes incluyen una descripción del aparato, de los resultados del estudio experimental sobre el atún aleta azul y de la actualización del programa del atún aleta amarilla.

#### ***PIXE (espectrometría de rayos X inducidos por la emisión de protones)***

En el pasado, se han caracterizado las variaciones en las pautas de los elementos residuales del tejido de los peces al exponer las muestras a rayos X de radioisótopos, a rayos X de un tubo de rayos X, a electrones de un haz electrónico y más recientemente a partículas cargadas. Los varios métodos tienen una característica en común; la muestra que se ha de analizar se expone con una fuente de energía que a su vez estimula los rayos X que son característicos de cada elemento químico y de la matriz. El número de rayos X producidos por una energía determinada, es una función de la concentración. Por consiguiente, las caracterizaciones cuantitativas se obtienen exponiendo la muestra y almacenando el espectro resultante en cinta magnetofónica.

Siguiendo la reciente evolución de la física nuclear y de los instrumentos, se decidió usar la técnica PIXE. Se emplean protones de tres millones de voltios electrónicos (MVE) de dos aceleradores Van de Graff de líneas interconectadas como fuente para estimular los rayos X característicos. El haz de los protones se

concentra en la muestra que se encuentra en una cámara parcialmente llena de gas de helio. Se determina la energía irradiada por los rayos X y se cuenta cada irradiación. Los rayos X que aparecen demasiado próximos en el momento de ser procesados producen "tiempo muerto"; éstos se omiten en el cálculo. Todos los análisis se realizan electrónicamente y los datos se almacenan en un disco magnetofónico. Se empleó una mini-computadora para controlar el experimento, es decir, el orden en que las muestras son analizadas, cuánto tiempo se irradia cada una y la transferencia y almacenaje de los datos. En la Figura 13 se presenta un diagrama esquemático del proceso.

### ***Resultado del estudio experimental del atún aleta azul***

El atún aleta azul del norte (*Thunnus thynnus*) es una especie casi ideal para experimentar los métodos de la discriminación de las poblaciones. El desove en el Atlántico norte ocurre en dos zonas bien diferentes, en el Golfo de México y en el Mediterráneo. La pesca se ha regido bajo la suposición de que existe solo una unidad biológica. Hay alguna evidencia de que los dos grupos son diferentes y se comprueba también que ocurren migraciones transoceánicas. Evidentemente, cualquier información sobre la proporción de mezcla entre las pesquerías suministrará datos aún más útiles para las medidas administrativas. El objetivo de este proyecto del atún aleta azul es estudiar una metodología promisorio más detallada y obtener también los datos que se necesitan. Este proyecto ha sido financiado por el National Marine Fisheries Service.

Se han tomado muestras de atunes juveniles en las zonas de crianza y en las pescas a ambos lados del Atlántico. El primer estudio emprendido fue determinar si las pautas de los elementos residuales de los juveniles eran reconociblemente diferentes. Se realizaron dos estudios experimentales. En el primer estudio, se irradiaron las vértebras de la región caudal de 72 atunes juveniles, de dos y tres años, del Atlántico oriental y occidental. Cada vértebra fue analizada. En el segundo estudio, se examinaron varias vértebras, es decir, se realizaron análisis consecutivos a lo largo de una trayectoria empezando en el centro y a intervalos de 8 mm hasta llegar al radio exterior de la vértebra. Cada muestra o parte analizada fue irradiada aproximadamente durante ocho minutos a una intensidad que produjo una rapidez promedio de emisión de rayos X de 3,500 conteos por segundo.

Cada análisis resulta en dos series de datos de 1,024 palabras, una serie incluye el patrón de rayos X originado por las vértebras, la segunda serie incluye los rayos X del objetivo rotativo. Esta última información se emplea para normalizar los datos. Se condensó cada serie de datos: se sumaron los pares de los valores adyacentes, resultando en una serie de 512 palabras de valores normalizados. Esta hilera de 512 variables normalizadas formó los datos básicos usados en los análisis estadísticos.

Son interesantes los resultados de varios análisis de la función discriminante

obtenidos según los datos en los que se había normalizado el calcio (el componente principal de las vértebras) y según el objetivo rotativo. La serie de datos de 512 variables fue dividida en 40 secciones variables correspondientes a diferentes energías de los rayos X y probablemente a diferentes elementos residuales. Cada sección se analizó separadamente. Los resultados se suman en la Tabla 9. Se realizaron quince análisis diferentes estadísticos escalonados. Se indican los números variables, la amplitud de la energía de los rayos X que produjeron los conteos, el número de las variables escogidas como discriminantes y las estadísticas asociadas. En la última columna se indica el número de las muestras clasificadas correctamente usando las funciones derivadas.

Los resultados demostraron que existen diferencias en las pautas de los elementos residuales de las vértebras caudales, especialmente en el tejido esquelético de la parte que se formó en los primeros seis meses del crecimiento. Los resultados de los análisis indican que existen diferencias estadísticas no solo entre una sección del espectro pero en todas las secciones. El análisis se realizó en secciones debido a la limitación del espacio. Cuando se combinó en una serie la "variable escogida" en el proceso escalonado de cada sección, las diferencias estadísticas fueron aún más pronunciadas. Los datos normalizados por el objetivo rotativo produjeron resultados similares.

Los resultados de estos análisis relativamente sencillos y preliminares, indicaron que existen diferencias estadísticas entre los atunes aleta azul jóvenes de las diferentes regiones geográficas. A este respecto los resultados son similares a los resultados del estudio del atún aleta amarilla realizado usando métodos similares (informe anual de la Comisión de 1980). La mayor diferencia es que las partes duras no tuvieron que pulverizarse y se conservaron los datos temporales.

Se realizó un segundo estudio experimental sobre el atún aleta azul. El objetivo fue medir el grado de variación en los elementos residuales en las vértebras individuales. Se colocaron las vértebras en el dispositivo para que el haz llegara al medio de la parte central. Después de ocho minutos de exposición los datos fueron almacenados, se movió la muestra .8mm y se realizó otro análisis. Este proceso se repitió hasta terminar la trayectoria del análisis comenzando en el centro y terminando en el borde exterior.

Los resultados de este estudio demostraron que hay diferencias cíclicas en los elementos específicos. Algunos elementos parecen aumentar en concentración con el tiempo; el cloro, el bromo y el sulfuro, y otros, como el cinc, parecen disminuir con el tiempo. Las proporciones de los elementos específicos como el fósforo/estroncio parecen variar ambos a través de las vértebras con la estación y la distancia (Figura 14).

Los resultados de ambos estudios fueron interesantes y procuraron métodos refinados que pueden ser útiles en determinar los estudios de la población. Los

resultados de estos estudios experimentales se han usado para perfeccionar los parámetros experimentales. Se está tratando de nuevo de adquirir una serie lo suficientemente grande de muestras del atún aleta azul "gigante." El muestreo en Europa sigue siendo difícil y no se puede disponer aún de una serie de muestras adecuadas sobre las cuales basar las comparaciones.

### ***Estudios de la estructura de la población del atún aleta amarilla***

El estudio inicial de rayos X realizado en 1979, indicó que existían diferencias en los espectros (pauta de los elementos residuales) de los peces de diferentes regiones geográficas. Como no se pudo disponer idealmente del equipo ni era lo que se deseaba, se diseñó y elaboró un nuevo sistema, se concibió un programa para la computadora y se está realizando el análisis simultáneamente con un programa de muestreo en gran escala del atún aleta amarilla. El interés actual en el programa del aleta amarilla es recolectar una serie suficiente de muestras. El objetivo es muestrear grupos de juveniles aleta amarilla en diferentes regiones geográficas cuando entran en la pesca. Se ha de evaluar el grado y la capacidad de mezcla de estos peces a medida que crecen, mediante la determinación de las pautas de los elementos depositados en esa porción del tejido óseo, cuando eran juveniles y al comparar esta pauta con la de los peces juveniles recolectados en diferentes regiones geográficas.

Se obtuvieron los pedúnculos caudales y las espinas dorsales de 50 atunes aleta amarilla pequeños de un barco. En 1981, se recolectaron en total 52 muestras, formada cada una por 50 peces. La distribución de las muestras se presenta en la Figura 15. Se continuará en 1982, el muestreo selectivo de juveniles de diferentes generaciones para determinar el grado de variación anual. Se recolectarán otras muestras de peces más viejos a fines de 1982.

## **OTROS ASPECTOS DE LA BIOLOGIA ATUNERA**

### **Composición de talla en la captura de 1981**

Los investigadores de la Comisión han obtenido desde 1954 muestras de la frecuencia-talla de los atunes aleta amarilla y barrilete capturados por barcos de carnada y cerqueros. La información obtenida según estas muestras se ha empleado para estimar el índice de crecimiento, mortalidad, rendimiento por recluta y abundancia de una generación. Los resultados de estos estudios han sido publicados en varios boletines e informes anuales de la Comisión.

El personal de la comisión mide las muestras de la frecuencia de talla de los atunes aleta amarilla, barrilete, patudo, atún aleta azul y barrilete negro en los puertos de descargue en California, Puerto Rico, México, Panamá, Ecuador y Perú. A fines de enero de 1982, se habían procesado muestras de 632 aleta amarilla, 555 barriletes, 41 patudos, 14 atunes aleta azul y 72 barriletes negros de

la captura obtenida por barcos cerqueros y de carnada en 1981, en el Pacífico oriental. A principios de 1982, seguirán llegando otras muestras de las tres primeras especies de la captura de 1981. La composición de talla de la captura del aleta azul y del barrilete negro se examina en otra sección de este informe.

La distribución anual frecuencia-talla del aleta amarilla muestreado en el ARCAA durante 1976-1982, se presenta en la Figura 16. La estimación preliminar del peso promedio del aleta amarilla capturado en el ARCAA en 1981, es 20.6 libras (9.3 k). Este es 2.3 libras (1.0 k) más pesado que el valor de 1980, el promedio más elevado de peso desde 1977.

La distribución anual de la frecuencia-talla del aleta amarilla muestreado de las capturas obtenidas entre el límite occidental del ARCAA y los 150° de longitud oeste durante 1976-1981, se presentan en la Figura 17. La estimación preliminar del peso promedio del aleta amarilla de esta zona en 1981, es de 58.1 libras (26.4 k). Este es el peso promedio más elevado desde 1978.

La distribución anual frecuencia-talla del barrilete muestreado en el Océano Pacífico oriental durante 1976-1981, se presenta en la Figura 18. La estimación preliminar del peso promedio del barrilete en 1981, es 4.9 libras (2.2 k). Este es el peso promedio anual más bajo que se haya observado desde que empezó el programa de muestreo en 1954. El peso promedio en 1981, es 0.4 libras (0.2 k) menos que el peso promedio de 1980, que fue el anterior más bajo.

La distribución anual frecuencia-talla del patudo muestreado en capturas de barcos cerqueros obtenidas en el Océano Pacífico oriental durante 1976-1981, se presenta en la Figura 19. Como en el caso de los últimos años, la mayor parte del patudo muestreado provino de capturas realizadas entre el ecuador y los 5° de latitud norte frente a la costa del Ecuador en el último trimestre del año.

### **Distribución de la talla del atún aleta amarilla por zona y tiempo**

Las muestras de 1975 a 1980, de la frecuencia de talla del atún aleta amarilla en la pesca con cerco del Pacífico oriental, se procesaron en la computadora PDP-11 de la Comisión para tener un archivo de datos de la frecuencia de talla del atún aleta amarilla.

Se escribió un programa para la computadora PDP-11 para convertir las proporciones de talla a proporciones de peso, correspondientes a cada muestra de atún aleta amarilla. En esta forma la posición relativa de las modas de la frecuencia de talla es la misma, pero se obtiene una descripción más exacta de las clases de talla de los peces presentes en esos estratos de zona y tiempo. Este programa puede sumarizar las muestras de una zona especial de 1°, de un grupo de zonas de 1°, o de una mezcla de zonas de 1° y 5°. Se pueden definir en esta forma los límites de los estratos de zona y tiempo con más precisión de acuerdo a las frecuencias resultantes obtenidas según el análisis.

### **Análisis multimodal de la frecuencia de talla del atún aleta amarilla**

Desde los años cincuenta se han recolectado rutinariamente los datos de la frecuencia de talla del aleta amarilla, barrilete y patudo, y desde los años setenta los del atún aleta azul y barrilete negro. Estos datos son de importancia básica para los estudios del crecimiento y de la mortalidad y tienen un gran valor potencial en los estudios de la disponibilidad y vulnerabilidad en la pesca de los grupos de peces, *etc.* Se pueden sacar conclusiones del examen visual sencillo de los histogramas frecuencia-talla, pero el beneficio de estos estudios es limitado debido frecuentemente al comportamiento errático de las modas que se cree es principalmente el resultado de cambios repentinos en la disponibilidad y vulnerabilidad de varios grupos de peces en la pesca. Por consiguiente, de vez en cuando, se han empleado otros procedimientos más sofisticados para tratar de obtener más conocimiento de los datos frecuencia-talla. Esta sección describe un procedimiento que los investigadores han estado experimentando recientemente. Los datos empleados están formados por 396 muestras de la frecuencia de talla de aleta amarilla que representan peces capturados de enero a junio de 1976. Estas muestras se combinaron en 124 grupos basados en la zona y fecha de captura del pez. Se emplea primero un procedimiento estadístico que calcula en cada grupo las porciones de peces formadas por siete categorías de talla, y las medias y desviaciones normales de las tallas de estos peces dentro de estas categorías. Luego estos grupos se someten al análisis por conglomerado. El análisis por conglomerado se basa en la comparación estadística de los 124 grupos, en la combinación de los dos más similares, en la comparación de los 123 grupos restantes (122 del grupo original además de otro más obtenido al combinar los otros dos originales) y así sucesivamente. Este procedimiento puede continuarse hasta que solo quede un grupo, formado por los 124 grupos originales, pero en la práctica se termina generalmente cuando los resultados (las porciones de peces de cada categoría de talla junto con las medias y las desviaciones normales de las tallas dentro de estas categorías) indiquen que los grupos están formados por peces que se diferencian en alguna forma significativa. Una pasada preliminar de este procedimiento por la computadora, dió cinco grupos, pero no se puede justificar actualmente la especulación sobre el significado de estos grupos.

### **El barrilete en la pesca hawaiana y en el Pacífico oriental**

Las capturas de barrilete en la pesca hawaiana han sido inferiores al promedio de los últimos años. Se ha indicado que ésto se debe, tal vez, al aumento en los últimos años de las capturas de barrilete en el Pacífico oriental. Puede que parte de las capturas estuvieran compuestas por peces jóvenes que en otra forma se hubieran desplazado a la zona contigua al Hawai y hubieran sido capturados más tarde como peces de más edad.

Para comprobar esta hipótesis, se asignó la edad al barrilete de ambas pesquerías, de acuerdo a las categorías de talla y a los índices calculados de crecimiento. Los datos de las capturas y de la frecuencia de talla en la pesca hawaiana, fueron provistos por el Sr. Richard Shomura, Director del U.S. National

Marine Fisheries Service Laboratory de Honolulu, Hawai. Las investigaciones anteriores del NMFS en Honolulu, indicaban que el índice de crecimiento del barrilete, en la pesca hawaiana, fluctuaba de 20 a 28 cm/año para los peces entre 12 y 24 meses de edad. La media lineal del índice de crecimiento de 19 barriletes marcados frente a la parte septentrional de México y recapturados en aguas hawaianas fue de 20.6 cm/año. Se escogió un índice lineal de crecimiento de 24 cm/año para el barrilete hawaiano, ya que está entre los límites de las estimaciones anteriores, se aproxima a la estimación del marcado y es idéntico a la media de crecimiento de los tres índices seleccionados para los peces del Pacífico oriental. Los intervalos de talla correspondientes a los grupos supuestos de edad en cada trimestre y las tallas que separan los grupos de edad y que aumentan por trimestre de acuerdo al índice seleccionado de crecimiento (6 cm/trimestre), deben violar lo menos posible la distribución trimestral frecuencia-talla en la mayoría de los años. Es decir, la separación de las tallas debe colocarse en las simas y los máximos deben encontrarse cerca a la mitad de los intervalos de talla que representan los grupos de edad. En la pesca del Pacífico oriental el ajuste es bastante bueno durante el período considerado (1960-1979) con excepción de 1971 y 1973, en los que el ajuste es pobre.

Con referencia al barrilete del Hawai, las tallas de separación se ajustaron para adaptarlas a las distribuciones del segundo y tercer trimestre, en los que se capturan la mayoría de los peces. Las tallas de separación son, por unos pocos centímetros, demasiado grandes en el primer trimestre y demasiado pequeñas en el cuarto trimestre. Las tallas de separación del barrilete hawaiano son todas 5 cm inferiores a las del barrilete del Pacífico oriental (véase Tabla 7 referente a las tallas de separación, basadas en el índice de crecimiento de 24 cm/año). Deberían ser idénticas si los peces pertenecen a la misma supoblación, pero como ésto no se conoce, se juzgó que sería mejor ajustar las tallas de separación independientemente de las distribuciones de la frecuencia de talla de cada pesquería, aunque ésto complica los experimentos al tratar de encontrar las relaciones que existen entre las capturas de las dos pesquerías. Se supone que los peces de 0+ edad tienen de 0 a 12 meses de edad, los de 1+ años de 12 a 24 meses, los de 2+ años de 24 a 36 meses y los de 3+ años de 36 a 48 meses.

En el Pacífico oriental se han capturado muy pocos peces de 3+ años y han estado mezclados con peces de 2+ años. Como se pescan peces más grandes en aguas hawaianas, las cantidades de peces de 3+ años se calcularon separadamente. Del número de peces capturados en aguas hawaianas, los peces de 0+ edad forman menos del 1% de la media anual, los peces de 3+ años menos del 2%, los peces de 1+ años el 45% y los peces de 2+ años el 53%, así que en este análisis se ignoran los peces de 0+ años y 3+ años.

La reducción en la captura de barrilete en la pesca hawaiana en los últimos años, se debe principalmente a la reducción en la captura de peces de 2+ años. En el período de 1975-1979, la media anual de la cantidad de peces capturados de 1+ años fue el 96% de la obtenida en el período de 1964-1974 (con excepción de 1973,



por estar los datos incompletos); en cambio la media anual de la cantidad capturada de peces de 2+ años, en el último período, fue solo el 66% de la obtenida en el período anterior.

No se encontraron en todo el Pacífico oriental al usar varios períodos de desfase correlaciones significativas entre el número de barriletes de 0+ edad (zonas combinadas norte y sur en los 15°N y al este de los 150°W) y las cantidades de barrilete de 1+ años capturados más tarde en el Hawai. Ni se encontraron tampoco correlaciones significativas entre los peces de 1+ años, en todo el Pacífico oriental y los peces de 2+ años en las aguas del Hawai.

La reducción de la captura de barriletes más viejos (2+ años) en los últimos años, en la pesca hawaiana, no puede explicarse por el aumento de las capturas de peces más jóvenes (1+ años), en todo el Pacífico oriental en una época anterior.

### Los índices de reducción de las generaciones de barrilete

Las poblaciones explotadas de peces se reducen exponencialmente por la mortalidad de pesca y la mortalidad natural; algunas poblaciones pueden reducirse también por los desplazamientos, como se supone que sea el caso del barrilete en el Pacífico oriental. El efecto combinado de los tres factores es lo que se llama índice de reducción ( $A$ ), que se relaciona al índice de supervivencia ( $S$ ) y al índice instantáneo de reducción ( $Z$ ) como sigue:

$$(1-A) = S = e^{-Z}$$

Se emplea aquí la siguiente anotación al calcular los coeficientes de los índices instantáneos de mortalidad y desplazamiento:

$q$  = coeficiente de capturabilidad

$f$  = esfuerzo de pesca

$F = qf$  = coeficiente de la mortalidad por pesca

$M$  = coeficiente de la mortalidad natural

$D$  = coeficiente de desplazamiento

$X = M + D$ , y

$Z = F + X$

Los subíndices  $m$ ,  $q$  y  $a$  indican respectivamente después de los índices y coeficientes que los valores son mensuales, trimestrales o anuales.

Se calculó  $z_q$  para cada generación de barrilete del segmento decreciente de la curva del índice de captura, que es el índice de captura graficado contra el tiempo en los trimestres. El índice de captura es la cantidad capturada de peces por día, por barcos cerqueros, normalizándose el esfuerzo a barcos de la clase 3 de arqueo en las 22 zonas seleccionadas de barrilete ( $f_q$ ) calculado por trimestres en cada

grupo de edad de una generación. Los cálculos se basaron en las edades asignadas por la talla de acuerdo a los tres índices diferentes de crecimiento (17, 24 y 32 cm/año). Los segmentos de las curvas de los índices de captura fluctuaron generalmente de 3 a 5 trimestres, incluyendo peces de 1+ años (12 a 24 meses) en los últimos tres trimestres del año (referidos como generación del año) y peces de 2+ años (>24 meses) en los dos primeros trimestres del año siguiente. Como las últimas porciones de los segmentos de las curvas de los índices de captura tienden a reducirse más rápidamente que las porciones anteriores, se encontró que en los segmentos usados los valores de  $Z_q$  y  $Z_a$  disminuían según el incremento del número de trimestres. Los valores de  $Z_a$  fueron, por consiguiente, ajustados por el gradiente de una línea trazada entre los valores medianos basados en 3 trimestres y aquellos basados en 5 trimestres (el valor mediano basado en 4 trimestres se aproximó a la línea). Los valores ajustados se presentan en la Tabla 10.

Se ha indicado que  $X$  y  $q$  pueden estimarse por la relación  $Z = M + qf$ , cuando  $f$  varía suficientemente. En este estudio  $X$  se ha substituido por  $M$  para incluir  $D$ , pero el esparcimiento en los gráficos de los valores de  $Z$  y  $f$  fue tan grande y las correlaciones tan lejos de ser significativas que no pudieron hacerse estimaciones de  $q$  o  $X$ .

No hubo tampoco ninguna indicación que  $Z$  aumentaba con  $f$ . Una de dos, el método para obtener  $Z$  es tan pobre que no pueden sacarse conclusiones de estos resultados, o  $F$  es una parte tan pequeña de  $Z$  que no tiene un efecto perceptible en ella, o ambas razones en conjunto, pueden ser responsables por la ausencia de cualquier relación evidente.

Los valores medios de  $Z_a$  (Tabla 10, excluyendo los valores de la generación de 1972, que se consideraron irrealísticos) fueron 2.72, 3.41 y 4.01, correspondiendo respectivamente a los índices anuales de reducción  $A_a$ , de 93.4, 96.7 y 98.2 por ciento con relación a los índices de crecimiento de 17, 24 y 32 cm/año. Estos valores elevados de  $A$ , junto con la falta evidente de la influencia de  $f$ , indica que  $M$  o  $D$ , o ambas, pueden ser muy grandes. No existe aún ninguna forma de obtener estimaciones confiables de  $M$  o  $D$ . Para poder comparar, la South Pacific Commission estimó que  $Z_m$  de los barriletes marcados en el Pacífico sudoeste era 0.20, equivalente a  $Z_a$  o 2.40, correspondiente a  $A_a$  del 90.9 por ciento.

### Estudios energéticos y de la alimentación del atún aleta amarilla

En los últimos años los científicos pesqueros se han interesado cada vez más en la investigación de las especies múltiples en lo referente a la administración de los recursos pesqueros. Con el fin de comprender la dinámica de las poblaciones de peces, es importante estudiar las interacciones que existen entre las poblaciones de los depredadores y las presas, y la corriente de energía que prevalece entre los varios componentes del ecosistema. Con este objetivo es esencial conocer qué forma la dieta de un depredador importante como es el atún aleta amarilla, cuánto come y qué cambios ocurren en sus hábitos alimenticios tanto temporal como espacialmente.

### ***Hábitos alimenticios***

El estudio de los hábitos alimenticios del atún aleta amarilla de la Comisión, se ha encauzado principalmente a determinar qué organismos alimenticios se encuentran en los estómagos de las muestras y en qué cantidad. Desde 1970 hasta 1973, se recolectaron en el Océano Pacífico oriental muestras estomacales para estudiar la captura de los barcos cerqueros. Se ha analizado el contenido de unos 4,150 estómagos incluso muestras de 1970-1972, obtenidas en las zonas 16, 17, 18, 20 y 22 de muestreo (Figura 20). La mayoría de los estómagos recolectados son de atunes aleta amarilla que se encontraban asociados con delfines en el momento de la captura.

Los organismos más importantes (en términos del índice de relativa importancia (IRI) encontrados en 649 estómagos obtenidos en las Zonas 16, 18 y 22 en 1972, se describen en la Figura 21. El IRI incorpora en un solo índice tres cálculos comúnmente usados de la importancia de la presa: frecuencia de aparición, volumen o peso y cantidad de individuos. Cada uno de estos tres parámetros provee diferente información sobre los hábitos alimenticios de los peces. El IRI se calcula en la forma siguiente:

$$IRI = (\%N + \%W) \%F$$

donde  $\%N$  = porcentaje numérico,  $\%W$  = porcentaje del peso o volumen y  $\%F$  = porcentaje de la frecuencia de aparición. Es evidente según la Figura 21 que las melvas (*Auxis* sp.) son decididamente el artículo de presa más importante encontrado en las muestras (IRI = 2,170), seguido por los cefalópodos (IRI = 1,203) y los peces voladores [Exocoetidae] (IRI = 323). Sin embargo, en términos de la frecuencia de aparición y la cantidad de individuos, los cefalópodos son más importantes que las melvas y los peces voladores. Esto se debe a que se encuentran en los estómagos muchos pares de mandíbulas de cefalópodos (picos) en cambio rara vez se encuentra la carne de los mismos. La retención de los picos de ingestiones anteriores puede sesgar el IRI.

### ***Consumo diario de alimento***

No se pueden hacer los cálculos directos de cuánto alimento es ingerido diariamente por los depredadores migratorios que nadan libremente. Sin embargo, en la práctica, pueden realizarse las estimaciones utilizando muestras estomacales, siempre que se conozca la rapidez por la cual pasa el alimento por los intestinos. En 1981, el proyecto referente a los hábitos alimenticios, se ha orientado principalmente a estimar las cantidades de alimento consumidas diariamente por el atún aleta amarilla, utilizando una recolección de datos bastante extensa de la CIAT sobre el contenido estomacal y los cálculos realizados en el laboratorio sobre las proporciones de la evacuación de los estómagos de atunes aleta amarilla vivos.

La técnica frecuentemente empleada implica calcular la cantidad media

encontrada de alimento en los estómagos de grupos de peces capturados durante el período del día en el que se presume se alimenta el atún aleta amarilla. La media del contenido estomacal, por consiguiente, refleja las horas máximas de la actividad alimenticia como también los períodos de poca actividad. Se han hecho los ajustes correspondientes al material perdido en los estómagos cuando se ha sacado solo parte de los estómagos en el muestreo. Se estima el índice de ingestión del alimento por hora, al ajustar los datos de la media del contenido estomacal según la cantidad evacuada por hora del estómago. Esto se multiplica por 24 para determinar el alimento diario o la ración diaria. Como el atún aleta amarilla ingiere una variedad de alimentos

$$D = 24 \sum_{i=1}^I A_i R_i$$

en la que  $D$  es la ración diaria o el consumo diario de alimento,  $A$  es el peso promedio de la especie  $i$  que sirve de alimento en todas las muestras estomacales, y  $R_i$  es el índice instantáneo de la evacuación gástrica (por hora) de la especie  $i$  alimenticia. Como puede que se digieran y evacúen diferentes tipos de organismos alimenticios a diferentes velocidades, es esencial que se calculen en el laboratorio los índices de la evacuación gástrica de una variedad representativa de los tipos de presa. Por consiguiente, en 1981, un científico de la CIAT realizó una serie de experimentos con atunes aleta amarilla cautivos en Kewalo Research Facility del National Marine Fisheries Service de Honolulu, Hawai (véase el *Proyecto de la evacuación gástrica* descrito más adelante).

Los cálculos preliminares de la ración diaria, se hicieron empleando los datos de 1970, del contenido estomacal y la estimación de  $R_i$  usando solo los datos preliminares de la evacuación de las tres primeras series de experimentos. Los datos del contenido estomacal fueron estratificados por la longitud de horquilla de los peces a los cuales se les sacó el estómago. Los estratos fueron seleccionados para que correspondieran aproximadamente a las generaciones 1, 2, 3 y 4+. Los resultados de los cálculos se convirtieron a calorías para los peces de 0-55.0 cm, 55.1-86.5 cm, 86.6-122.0 cm y 122.1 cm y más, presentándose en la Figura 22 y la siguiente tabla:

	Grupos de edad			
	1	2	3	4+
Ración diaria calculada (kcal/día)	29.8	217.3	542.0	1628.1
Número de estómagos usados en los cálculos	34	430	767	521
Ración diaria ajustada (kcal/día)	105	245	542	1628
Densidad de la media calórica de la presa (cal/g)	1193	1197	1176	1160
Biomasa de la presa ingerida peces $^{-1}$ día $^{-1}$ (g)	88	205	461	1403

El alimento diario de las generaciones 2, 3 y 4 + (respectivamente 217, 542 y 1628 Kcal) se ubica en su mayor parte en una banda formada por dos curvilineas que atraviesan la figura. Esta banda representa una amplitud de calorías comparable a los índices diarios de consumo de todos los otros peces estudiados. La línea inferior, A, indica las calorías que el atún aleta amarilla necesitaría diariamente, si, como los demás peces, necesita el equivalente de dos veces su proporción rutinaria metabólica, medida con un respirómetro, para sostener su nivel normal de actividad en el ambiente. Sin embargo, se ha estimado un aumento triple para los peces pelágicos (representados por la línea B en la Figura 22). Ambas líneas A y B fueron obtenidas por la determinación de la energía examinada bajo el título de *Energética* examinada más adelante. Las estimaciones del consumo diario se consideran subestimaciones por las siguientes razones. Se basan en la cantidad de alimento encontrado en los estómagos de los atunes después de que los peces han sido encerrados en la red de cerco durante cierto número de horas, congelados a bordo del barco y parcial o completamente descongelados antes de ser descargados. Estos procedimientos y un índice desconocido de regurgitación antes de morir tendrían la tendencia a reducir el volumen del alimento encontrado en los estómagos, por debajo del que se encontraría en peces recientemente capturados. Por consiguiente, el atún aleta amarilla puede consumir actualmente, en su medio, aproximadamente el nivel indicado por el multiplicador 3x, línea B de la Figura 22.

Estas estimaciones moderadas del consumo o ración diaria se presentan en la tabla anterior como gramos de la biomasa de presa ingerida por día. Antes de su conversión, se aumentaron un poco en calorías los valores de la ración diaria de las generaciones de 1 y 2 años, para que estuvieran más de acuerdo con los de las otras generaciones en la banda 2x-3x de la Figura 22. Se usaron para las conversiones los valores ajustados de la Tabla anterior. La biomasa total estimada de la presa ingerida por pez y por día se dividió entonces, por el tipo de presa, basándose en las proporciones relativas en las que aparecían en las muestras estomacales (Figura 23). Estas estimaciones preliminares indican que aun atún aleta amarilla que mide 122.1 cm o más puede comer en promedio, por día, por lo menos 730 g de melvas (7.3 individuos con un promedio de talla de 20 cm), 440 g de Nomeidae (146 individuos con un peso promedio de 3 g) y cerca de 233 g de otras presas. Parece que el atún aleta amarilla de 3 años de edad se alimenta en promedio, por día, por lo menos de 235 g de melvas (2.4 individuos), 100 g de Nomeidae (33 individuos) y aproximadamente 125 g de otras presas. Los peces de 2 años ingieren en promedio, por día, por lo menos 0.8 melvas.

Uno puede empezar a darse cuenta de la realidad de las enormes cantidades de melvas (*Auxis* sp) que son ingeridas por toda la población de atunes aleta amarilla. Se realizaron algunas estimaciones aproximadas del alimento ingerido por la población del aleta amarilla en el ARCAA en 1970 (Tabla 11). Las estimaciones del consumo de la biomasa por individuo, se multiplicaron por la cantidad de atunes individuales aleta amarilla de cada generación que se

encontraban en el ARCAA, conforme se ha calculado por el análisis de las generaciones. Los resultados clasificados por el tipo de presa se presentan en la Tabla 11 y la Figura 24. Estas estimaciones indicaron que la población consumió por día, por lo menos 13,799 toneladas métricas de alimento, 5,352 toneladas métricas eran *Auxis* sp. (= 53.5 millones de individuos). Durante el año se consumieron en total unos 5 millones de toneladas métricas, cerca de 2 millones eran *Auxis* sp. Existen varias fuentes de error en este tipo de análisis y estas estimaciones se basan en los índices preliminares de la evacuación gástrica. Sin embargo, aún si se examinan a fondo, los resultados seguirán indicando que aparecen grandes poblaciones de *Auxis* sp. en el Pacífico oriental (posiblemente más de 5-6 millones de toneladas métricas. Puede que la interacción que probablemente existe entre algunas de las especies de presa que aparecen en grandes cantidades (siendo ellas mismas depredadoras a un nivel trófico inferior) y las etapas larvales de los atunes, tenga consecuencias importantes en las poblaciones de los túnidos.

### ***Energética***

Otro método para estimar el consumo diario de alimento de los peces, es el balance de energía. Sencillamente expresado, la porción de alimento asimilada equivale a toda la acumulación de energía del pez. La acumulación de energía incluye toda la energía utilizada correspondiente a todas las necesidades del pez, incluso el mantenimiento del estasis metabólico (metabolismo normal), locomoción y crecimiento. Dos científicos antecesores de la CIAT, basados en los principios termodinámicos estimaron la acumulación de energía del atún aleta amarilla utilizando los cálculos de los índices metabólicos de barriletes cautivos y las estimaciones del esfuerzo realizadas cuando se encontraban nadando. Un problema mayor del modelo es que no se tenía la información sobre la velocidad de natación del atún aleta amarilla bajo condiciones normales. La velocidad es un parámetro importante en las ecuaciones. El requerimiento de energía para nadar a una velocidad determinada es una función cúbica de esa velocidad. Por consiguiente, la energía gastada llega a ser excesiva en un pez que nada a grandes velocidades.

En 1981, se han actualizado los datos sobre la acumulación de energía, al incorporar los cálculos de las velocidades de natación obtenidos en los experimentos sónicos de localización realizados durante un crucero contratado por la CIAT en la primavera de 1981. En la Figura 25, se presenta el porcentaje gastado por dos atunes aleta amarilla (Nos. 2 y 3) nadando a varias velocidades en un día de 24 horas. La Figura 25 se interpreta en el siguiente ejemplo: la media de los cálculos de la velocidad por segundo que se ubica en el intervalo entre la longitud de medio cuerpo/segundo y la longitud de todo el cuerpo/segundo, estimada durante 224 intervalos de observación, se representa mediante el punto localizado en ese intervalo, en la figura. Naturalmente, estos cálculos están sujetos a error debido a la determinación de la posición del barco con relación a los peces. Aunque los errores en la posición pueden eliminarse con el tiempo, los

cálculos de las velocidades subestiman indudablemente las velocidades reales, ya que no se anotan los movimientos en pequeña escala durante el procedimiento de la localización. Estas subestimaciones se desean aquí para poder mantener moderado el cálculo de energía.

En la Figura 26 se presentan los cálculos basados en la acumulación de energía de todas las calorías requeridas diariamente ( $E_{\text{total}} = E_m + E_g + E_L$ ) y las calorías utilizadas para el mantenimiento ( $E_m$ ) y el crecimiento ( $E_g$ ) para varias tallas del atún aleta amarilla.  $E_L$  representa la energía necesaria para la locomoción. La banda sombreada representa una amplitud comparable de la utilización de energía de otros peces que han sido estudiados. La banda está bordeada por líneas que representan las calorías necesarias para funcionar en el ambiente a niveles típicos de actividad equivalentes a dos (línea inferior) y tres veces el índice del metabolismo ordinario (línea superior) medida con un respirómetro agregado a  $E_m$  y  $E_g$ . Se ha indicado que la mayoría de los peces estudiados funcionan en la naturaleza cerca al nivel de 2x, en cambio se supone que los peces pelágicos funcionan cerca al nivel de 3x. Conforme se ilustra en la Figura 26, el requerimiento total de energía basado en el cálculo de la misma, es inferior a la línea 2x referente a los atunes aleta amarilla pequeños. Luego, el total asciende precipitadamente sobrepasando la línea 3x de los grandes atunes aleta amarilla. Se esperaría que el cálculo de energía fuera más confiable para los peces que se aproximan a la talla de los que fueron localizados (87 y 89 cm) y progresivamente menos confiable con relación a los peces más pequeños y más grandes, ya que existe una relación inversa entre la velocidad constante de natación a una talla específica y la longitud de los atunes. El cálculo de energía pronostica que un atún aleta amarilla que mide 90 cm tendría que ingerir 803 kcal (cerca del 4.5% del peso del cuerpo) por día para poder asimilar lo suficiente para poder completar el requerimiento de las 669 kcal indicadas en la Figura 26. (Los peces asimilan en promedio el 80% de la energía en su dieta, lo que sirve luego para el crecimiento y el metabolismo). Por consiguiente, parece que un atún aleta amarilla con una longitud de horquilla de unos 90 cm, necesita diariamente un nivel promedio de energía de unas 3x los índices del metabolismo normal. Este nivel del consumo de alimento es superior al estimado por el modelo de alimentación al utilizar las muestras estomacales (Figura 22, véase *Consumo diario de alimento* presentado anteriormente).

Parece que este modelo subestima la demanda de energía de los peces pequeños y sobreestima la demanda de energía de los peces grandes. Por ejemplo, el modelo pronostica que un aleta amarilla de 160 cm tendría que ingerir 5,760 kcal o sea unos 4.8 kg de alimento (5.5% del peso del cuerpo) diariamente para poder asimilar 4,800 kcal como se presenta en la Figura 26. Esta es una ración diaria excesivamente elevada, superior a la pronosticada para un pez de 90 cm. Se conoce típicamente que la demanda específica de energía correspondiente a la talla de los peces se reduce al aumentar el volumen del cuerpo. Por consiguiente, este modelo del cálculo de la energía se considera poco confiable para el aleta amarilla que se encuentra cerca a los límites de la amplitud de talla presentados en la Figura 26.

### ***Proyecto de la evacuación gástrica***

Con el fin de estimar mejor los índices del consumo diario de alimentación del atún aleta amarilla utilizando muestras estomacales de la captura comercial (véase *Consumo diario de alimento* examinado anteriormente) se emprendió en 1981, un proyecto para calcular los índices de la evacuación gástrica del atún aleta amarilla y barrilete con relación al tipo de alimento. El trabajo fue realizado por un científico de la CIAT en Kewalo Research Facility (KRF) del U.S. National Marine Fisheries Service en Honolulu, Hawaii. Los experimentos fueron planeados para calcular el tiempo necesario para digerir las especies alimenticias que representan los tres grupos principales de presa encontrados en las muestras de los estómagos de los atunes aleta amarilla, peces, cefalópodos y crustáceos. Es preferible que los artículos alimenticios empleados en los experimentos sean iguales o al menos similares a las especies actuales de presa consumidas por el atún aleta amarilla en su medio. Se escogieron los siguientes artículos alimenticios para los experimentos: estorninos (*Scomber japonicus*), calamares (*Loligo opalescens*) y cangrejos rojos (*Pleuroncodes planipes*). Los estorninos se relacionan estrechamente a las melvas (*Auxis* sp.) que son ingeridas en grandes cantidades en el Pacífico oriental (Figuras 21, 23, 24 y Tabla 11). Los calamares aunque de diferente especie y los cangrejos rojos son también artículos alimenticios importantes del atún aleta amarilla (Figura 21). Sin embargo, se eliminaron los cangrejos rojos de los experimentos cuando se descubrió que los atunes aleta amarilla y los barrilete cautivos en el KRF no se los comían voluntariamente. Se substituyeron los cangrejos rojos por eperlanos (*Hypomesus pretiosus*). Son el alimento preferido de los atunes cautivos del KRF y son similares en talla y forma a otra especie común de presa del aleta amarilla del Pacífico oriental (ej. d. peces voladores [Exocoetidae]). Se incluyó en los experimentos una pequeña anchoa conocida en Hawai como nehu (*Stolephorus purpureus*), ya que es similar en talla a algunos artículos naturales de presa (ej. d. nomeidaes y gonostomátidos).

Los atunes fueron alimentados con comidas mixtas de caballas, calamares, eperlanos y nehu, en lugar de comidas formadas por cada especie individual, con el fin de obtener varios puntos de referencia de cada pez, reduciendo así el número de peces necesarios para el proyecto. Antes de los experimentos se marcó cada atún con una marca de dardo codificada con un color y cada partícula de alimento fue pesada individualmente para anotar con precisión el peso inicial del alimento ingerido por cada pez. En breve el proceso experimental fue anotar la hora en que cada partícula de alimento fue ingerida y por cuál pez, esperar (cerca de 21 horas) desde unos cuantos minutos después de alimentarlos hasta el momento en que los estómagos estuvieran desocupados, para sacrificar los peces a varios intervalos de tiempo, sacar y pesar los organismos parcialmente digeridos que permanecían en los estómagos y el contenido intestinal inmediatamente después de muertos. El contenido estomacal y de los intestinos se secó luego para determinar el peso seco de cada uno.

El estudio ha progresado bastante bien. Se han obtenido hasta fines de



diciembre los datos de la evacuación de 70 atunes aleta amarilla y 17 barriletes. No se han analizado aún los datos, pero parece en lo que se refiere al barrilete que una línea ajustada a los 17 puntos correspondientes al porcentaje de una comida de eperlano que permanecía en el estómago versus el tiempo después de ingerir la comida atravesaría el eje del tiempo a las 8 o 9 horas. Esto, en cierta forma, es un índice más rápido de ingestión que aquel (12 horas) encontrado por J.J. Magnuson en un estudio similar publicado en 1969. Los datos de este estudio indican que el atún aleta amarilla digiere su alimento más lentamente que el barrilete. El número de horas necesario para la evacuación completa de cada tipo de alimento de ambas especies de atunes, estimado por la inspección visual de los datos, es el siguiente:

Especies depredadoras	Especies alimenticias			
	Melvas <i>Auxis</i> sp.	Calamares <i>Loligo opalescens</i>	Eperlanos <i>Hypomesus pretiosus</i>	Nehu <i>Stolephorus purpureus</i>
Atún aleta amarilla	18-19	13	10-11	5-6
Barrilete	13	6	8-9	no se ensayó

Los datos de evacuación correspondientes al atún aleta amarilla se emplearán para calcular un índice instantáneo de evacuación gástrica de cada especie alimenticia ensayada. Los índices de evacuación se utilizarán luego en un modelo de ración diaria junto con la base de los datos de la CIAT que incluye los cálculos del contenido estomacal de algunos 4,000 atunes aleta amarilla capturados en el Océano Pacífico oriental, con el fin de estimar la media de los índices diarios del consumo de alimento en el mar. Esta información puede suministrar:

1. Una estimación del promedio total de energía utilizado para compensar la suma de los componentes de la energía acumulada;
2. la estimación de la biomasa de las especies principales de presa consumidas por la población del atún aleta amarilla en el Pacífico oriental.

### Estudio sobre los otolitos de los atunes

En la etapa inicial de este estudio, los resultados de los experimentos del marcado con tetraciclina indicaron que se forma un incremento diario en los otolitos sagitales durante el crecimiento entre 40 y 110 cm de la longitud de horquilla del atún aleta amarilla de la región de las Islas Revillagigedo y Baja California. El trabajo siguiente se ha orientado en conocer si los incrementos de los otolitos se producen diariamente en los atunes aleta amarilla en todos los intervalos de las tallas comerciales (de unos 30 a 170 cm). Con este fin, se recolectaron aleatoriamente desde 1977 hasta 1980, 16 muestras de peces de barcos que estaban descargando en San Diego. Estos peces fueron capturados en la región entre los 95° y 137° de longitud oeste y limitada al sur por la línea ecuatorial. Como no hay ninguna razón para sospechar que una medida de crecimiento ha de suministrar una varianza inferior a otra cuando se grafica contra el cálculo de los incrementos, los investigadores anotaron la longitud de

horquilla (FL), la predorsal (PDL) y de la cabeza (HL); el peso bruto (GWT) y neto (NWT, sacándose el contenido estomacal); sexo; peso de los otolitos (OWT) y la longitud en la superficie calculada del otolito (PRL). Los otolitos que se les sacaron a los peces fueron grabados con ácido para exponer los incrementos subsuperficiales, luego se hicieron réplicas usando acetato de celulosa.

En 1981, se terminaron los cálculos de los incrementos de estas muestras usando un proceso en dos etapas. Inicialmente, se calcularon secuencial y repetidamente las réplicas de los otolitos de los peces que fluctuaban de 30 a 110 cm (FL) para concebir un método consistente de interpretación. Secuencialmente significa el cálculo de los incrementos de unos 15 peces, cada uno con intervalos de 10 cm (FL). Siguiendo este procedimiento se contaron todas las réplicas aleatoriamente. Durante la segunda etapa, en la que se incluían peces que fluctuaban de 110 a 170 cm, se repitió el cálculo secuencial. Se seleccionaron al final del trabajo tres réplicas aleatorias en cada intervalo de 10 cm, combinadas y calculadas de nuevo aleatoriamente. Una regresión de los cálculos originales sobre los cálculos aleatorios indicó que el coeficiente de regresión no era significativamente diferente de uno ( $t_{0.05,16} = 0.51$ ) y la interceptación no se diferenció de cero ( $t_{0.05,16} = 0.65$ ). Consecuentemente, se aceptaron los cálculos originales y se combinaron con la primera etapa del análisis.

Con excepción del peso neto, las curvas de crecimiento de varias de las características aparecen en la Figura 27 (a a f). El gráfico del peso neto se omite porque es figurativamente igual al peso bruto versus incrementos. Se resolvieron las pruebas para ajustar varias curvas asintóticas de crecimiento a los datos por el ajuste de los cuadrados mínimos de la ecuación generalizada de Gompertz, es decir,

$$Y_t = Y_{\infty} \exp(-\exp(-K(t-t_*)))$$

en la que  $Y_t$  = las características de crecimiento,  $Y_{\infty}$  = la talla asintótica,  $K$  = un parámetro de crecimiento,  $t_*$  = el punto de inflexión y  $t$  = un valor codificado de los incrementos ( $I$ ), es decir  $t = I/365$ . Las ecuaciones descriptivas se presentan en la Tabla 12.

Al codificar  $t$ , de tal modo que  $t = I/365$ , la suposición es implícita que cada  $I$  es igual a un día y  $t$  = años. Según los experimentos de tetraciclina, esta suposición es válida sobre una escala de crecimiento de 40 a 110 cm, pero no ha sido confirmada antes de 40 cm o después de 110 cm. En la parte distante inferior se tiene solo evidencia indirecta para justificar la suposición. La confirmación proviene del experimento de tetraciclina en el que el índice de crecimiento es 3.06 cm/mes para el atún aleta amarilla entre 40 a 110 cm. En los datos actuales y en la misma escala, el crecimiento es 3.08 cm/mes. Los índices no son significativamente diferentes, lo que denota que la interpretación de los incrementos en peces de menos de 40 cm es consistente con aquellos de peces entre 40 y 110 cm. Sin embargo, después de los 110 cm los valores de  $Y_{\infty}$  (202.1 cm) y  $K$  (0.520; anual)

Clase de muestra	Meses	Número de muestras	Número de peces	Fluctuación de Talla (cm)	Relación talla-peso*
Frecuencia-talla	jul.-sept.	20	1,934	16-30	—
peso-talla	jul.	1	34	16-23	$y = 3.73x - 15.0$

\* $x$  = logaritmo natural de la talla en milímetros e  $y$  = logaritmo natural del peso en gramos.

### *Estudios de la edad del atún aleta azul (Thunnus thynnus)*

Se continuó en 1981, el trabajo para determinar la edad del *Thunnus thynnus*, basada en el análisis de las marcas de las partes duras. Se procesó una porción de las muestras de 1980, de las partes duras y se analizaron los datos. El muestreo continuó tanto en el Pacífico oriental como en el Japón, y para poder comprobar las marcas de las partes duras, se inició un experimento de marcado con tetraciclina junto con el programa del marcado de *Thunnus thynnus* de la Comisión en la parte meridional del Japón.

El muestreo de las escamas, aletas, radios de las aletas, otolitos y vértebras se realizó en la misma forma que en 1980. Se obtuvo una muestra de 13 barcos en dos etapas, en las que se adquirieron muestras de la frecuencia de talla y se muestreó cada quinto pez para obtener las partes duras. Esto representó casi el 50% de la captura, si se compara con el 16.9% en 1980.

En el Japón, se obtuvieron cuatro muestras aleatorias de 50 peces cada una en los mercados de pescado de Kochi y en los viveros cercanos de mantenimiento. Además, se midieron 2,134 *T. thynnus* de 15 a 22 cm, aunque las muestrea de las partes duras no fueron necesariamente del mismo pez como las muestras de talla.

Los estudios de la edad basados en las partes duras dependen comúnmente en una marca que se forma en una o más de las partes duras por medio de la cual se puede indicar la edad del pez. El tiempo en que la marca se formó es, por consiguiente, aplicable a cualquier estudio. Las marcas en las partes duras del *T. thynnus* del Pacífico, han sido identificadas por varios investigadores, pero las pruebas dadas para interpretar el significado temporal de las marcas parece en gran parte circunstancial. Se ha empleado el análisis de los datos del marcado y de las progresiones modales para determinar el crecimiento de esta especie pero no se ha determinado la edad absoluta del pez individual. Sin embargo, se espera que el experimento mencionado anteriormente, del marcado con tetraciclina permita hacerlo.

La tetraciclina se incorpora en el calcio de las partes duras (especialmente los otolitos) durante el crecimiento, resultando en la formación de una marca artificial de la que se conoce el tiempo de su formación. Como los otolitos del *T. thynnus* tienen marcas similares a las que se conocen que son de una periodicidad diaria en otros atunes, después de recapturar un pez marcado con tetraciclina, se puede contar el número de incrementos desde la marca hasta el borde del otolito. Se

puede comparar entonces ese valor con el número de días que el pez estuvo en libertad y determinar así el significado de los incrementos. Si en realidad se forman diariamente las marcas, se puede hacer todo el cálculo desde el primordium hasta el borde, determinando en esta forma la edad del pez. Esta edad, puede luego compararse con el número de marcas de las otras partes duras para confirmar su valor temporal. Los estudios realizados anteriormente por varios investigadores son inconclusivos en lo referente a si la marca de tetraciclina es o no visible en las escamas, espinas o radios de las aletas de los atunes. Sin embargo, las vértebras no fueron examinadas por estos investigadores, pero lo serán en este estudio.

Anticipando su verificación, se hizo la réplica de un otolito de un *T. thynnus* de 70.8 cm y dos personas contaron los incrementos. Cinco cálculos produjeron una media de 755 incrementos. La estimación de la edad basada tanto en las marcas de las escamas como de las espinas del mismo pez fue de 2+ años.

Se liberaron en Shikoku unos 880 *T. thynnus* inyectados con tetraciclina en el verano de 1981 y se han devuelto hasta ahora de 15 a 20 de estos peces a varias oficinas colaboradoras en el Japón. Solo uno llegó al laboratorio de la Jolla, pero no ha sido aún analizado, solo se ha verificado la presencia de la marca.

Se leyeron y procesaron las escamas recolectadas en 1980. De las 150 muestras 129 (86%) fueron legibles. Se midió cada escama desde el núcleo a cada marca y hasta el borde usando un proyector de escamas se contó el número de marcas. Se estimó la edad media del pez en la captura por el número de marcas en las escamas, calculando que se formaba una marca anual (esperando su comprobación) y además retrocalculando la edad referente a cada marca mediante la ecuación

$$L_a = (L_c) (R_a)/R_c$$

en la que

- $L_a$  = longitud de horquilla del pez en la marca  $a$
- $L_c$  = longitud de horquilla del pez en la captura
- $R_a$  = radio de la escama en la marca  $a$  y
- $R_c$  = todo el radio de la escama

Se produjo una distribución de tallas a la edad y los resultados se presentan en la Tabla 14, partes a y b.

Debido a que predominaron peces con dos marcas y a la escasez de peces con una y tres marcas, los datos de la "edad 1" y la "edad 3" se encuentran considerablemente influenciados por los datos de la "edad 2" al usar todas las marcas en los retrocálculos (Tabla 14, parte c).

Los datos en la Tabla 14, parte b, se ajustaron a la ecuación de crecimiento de von Bertalanffy para poder comparar los resultados con estudios anteriores. Los valores producidos por este estudio (Tabla 14, parte d) son inferiores, debido, tal vez, a la abundancia de los datos de la "edad 2." Las preguntas referentes a la comprobación de estas estimaciones preliminares deben contestarse al efectuar la comparación con los datos de los otolitos, los que aún no se han terminado de analizar.

Se seleccionó una muestra aleatoria de 28 otolitos de las muestras tanto del Pacífico oriental como del Japón y se realizaron los cálculos de la distancia del primordium-postrostrum en anticipación de la réplica y del cálculo de los incrementos diarios. Se hizo una regresión, resultando la siguiente ecuación:

$$PR_{oto} = 0.0631 + 0.0053 FL$$

en la que

$PR_{oto}$  = distancia (mm) primordium-postrostrum

$FL$  = longitud del pez (mm)

Se procesaron también treinta espinas de la primera aleta dorsal obtenidas de los peces a los que pertenecían las muestras de las escamas. De esas muestras se compararon 20 con aquellas de las escamas que tenían datos completos y 14 (70%), concordaron con la lectura de las escamas del mismo pez.

En el futuro, los estudios se orientarán a la verificación de las marcas utilizando los datos de los experimentos del marcado con tetraciclina. Se ha recibido una gran ayuda del Far Seas Fisheries Research Laboratory y de otras agencias en el Japón en el establecimiento del proyecto de tetraciclina, por la cual estamos muy agradecidos.

### Estudios del *Euthynnus lineatus*

El estudio del ciclo vital del barrilete negro (*Euthynnus lineatus*) fue iniciado en agosto de 1980, mediante un programa de muestreo designado para obtener durante el período de un año, muestras de la talla, el peso, los estómagos y los ovarios de 50 a 100 ejemplares, por estrato de zona y mes, en las zonas de pesca del Pacífico oriental. El programa de muestreo ha tenido un éxito razonable, gracias a la labor del personal de la Comisión en los puertos de California, Puerto Rico, México, Panamá y Ecuador. Además, el Sr. Mario Rojas, biólogo pesquero, empleado por el Ministerio de Agricultura y Ganadería de Costa Rica, recolectó muestras en Puntarenas (Costa Rica), se reconoce su ayuda la que ha sido muy valiosa en este proyecto.

Las zonas utilizadas para los fines de muestreo y los análisis estadísticos preliminares aquí indicados, sobre la proporción de los sexos, se presentan en la

Figura 30, estas son las mismas zonas empleadas por la Comisión en el muestreo de la frecuencia de tallas de las principales especies de atunes. Se han obtenido otras muestras de barrilete negro en el mercado de pescado en Panamá, de peces capturados en el Golfo de Panamá (una zona separada) por la flota de barcos artesanales e incidentalmente por los barcos cerqueros y camaroneros que pescan anchoveta. Las cantidades actuales de los peces muestreados por zona y mes se presentan en la Tabla 15.

### ***La pesca en 1981***

En la Tabla 2 se presentan los desembarques de barrilete negro de la flota del Pacífico oriental por barcos abanderados y país de descargue. La mayoría de las capturas y de los descargues fueron realizados por barcos ecuatorianos entre mayo y octubre. Las capturas principales se obtuvieron en una zona frente al Ecuador y Colombia, entre aproximadamente 1°N y 4°N y al este de los 82°W.

### ***Datos sobre la frecuencia de talla***

Antes de 1980, se obtenían irregularmente en los desembarques los datos de la frecuencia de talla del barrilete negro. Un aspecto importante correspondiente al proyecto del ciclo vital de esta especie, iniciado en 1980, es obtener una cantidad suficiente de datos sobre la frecuencia de talla para realizar por lo menos estimaciones preliminares sobre los índices de crecimiento, abundancia de las generaciones, mortalidad y rendimiento por recluta.

En 1981, se recolectaron más de 70 muestras de la frecuencia de talla del barrilete negro en los descargues realizados por barcos de carnada y cerqueros en los puertos de las localidades mencionadas anteriormente. La distribución anual de la frecuencia de talla del barrilete negro muestreado en el Océano Pacífico oriental en 1976-1981, se presenta en la Figura 31. La estimación preliminar en 1981, del peso promedio del barrilete negro es 2.9 libras (1.3 k).

### ***Relación talla-peso***

Se calcularon la talla y el peso de 3,267 barriletes negros capturados por embarcaciones cerqueras en todo el Pacífico oriental en 1980 y 1981. La longitud de horquilla (milímetros) fue medida por calibradores. El peso entero se calculó hasta la onza más cercana, anotada en libras y luego convertida a kilos. La fluctuación en talla de los datos empleados es 281-640 mm. ( $\bar{L} = 452.32$  mm), con una amplitud de peso de 0.37-4.45 k ( $\bar{W} = 1.719$  k). Se produjo la siguiente regresión lineal entre los logaritmos naturales de las variables:  $\log W = -11.3781 + 3.0683 (\log L)$  en la que  $W$  es el peso (gramos) y  $L$  la longitud de horquilla (milímetros). El coeficiente de determinación,  $R^2$ , es 0.963. Los errores normales de las dos primeras constantes en la ecuación son respectivamente 0.0639 y 0.0105. La ecuación es equivalente a:  $W = 0.0000114L^{3.06883}$ . Los puntos que corresponden a los datos se grafican a lo largo de la línea de regresión en la Figura 32.

Se han obtenido las ecuaciones de regresión separadamente para cada muestra, además de los grupos de muestras por zonas, trimestres y sexo. Los grupos serán comparados por el análisis de la covarianza para determinar si existen diferencias significativas en la relación peso-talla de estos varios estratos.

### *Proporción de sexos*

En el muestreo de los estómagos y ovarios, se anotó en los archivos la talla y el sexo de todos los peces individuales muestreados. Se preservaron las gónadas de los peces a los que no se les pudo determinar el sexo mediante el examen preliminar y se tratará de identificarlas en el laboratorio.

La proporción de los sexos obtenida del barrilete negro capturado por barcos cerqueros fue analizada solo respecto a aquellas muestras en las que fue posible identificar el sexo de todos los peces. La proporción de los sexos es interesante ya que aparece una diferencia significativa a la proporción esperada 1:1 en la cantidad total de machos y hembras, resultando en una preponderancia de machos. En la Tabla 16 se presenta la cantidad de machos y hembras obtenidos durante este muestreo, agrupados de acuerdo a las zonas (Figura 30) y a los trimestres del año, junto con el análisis de la bondad del ajuste del ji cuadrado. El ji cuadrado que no tiene una heterogeneidad significativa,  $0.05 < P > 0.10$ , indica que las muestras son homogéneas y, por consiguiente, es justificable realizar la bondad del ajuste del ji cuadrado en los datos agrupados.

Apareció una diferencia significativa en la proporción 1:1 esperada de los sexos, en dos zonas del norte durante los meses de la primavera y el verano. Aunque no se tiene actualmente pruebas, la preponderancia de los machos capturados por la pesca se correlaciona probablemente con la distribución diferencial y el comportamiento biológico entre los sexos durante la temporada de desove. Se realizarán análisis sobre la disparidad en la proporción supuesta 1:1 de los sexos del barrilete negro en los diferentes estratos después de terminar de identificar los peces de los que no se conoce aún el sexo, junto con la determinación de la condición sexual y de los hábitos alimenticios de los peces en las muestras.

Se investigó la posibilidad de que existe una diferencia en ciertos grupos de talla en la proporción 1:1 de los sexos. Las pruebas del ji cuadrado de los machos y hembras agrupados por intervalos de talla de 5 cm en todas las zonas, indicó una desviación importante en la proporción esperada de los sexos 1:1 en peces que medían más de 50 centímetros, debido al predominio de los machos (Tabla 17). Probablemente existe una correlación entre la preponderancia de los machos y la escasez de las hembras correspondiente a los peces en la amplitud de talla superior a la talla mínima de la madurez sexual en los cardúmenes de barrilete negro. Sin embargo, antes de poder comprobar esta hipótesis hay que terminar una gran cantidad de trabajo en el laboratorio, sobre los hábitos alimenticios y la condición sexual de los peces individuales en las muestras.

## INVESTIGACION ATUN-DELFIN

La investigación atún-delfín fue establecida a causa de una acción propuesta en la XXXIII reunión de la Comisión, convocada en Managua (Nicaragua) en 1976. Los trabajos del programa fueron bosquejados en la XXXIV reunión de la Comisión, celebrada en San Diego en 1977. Los fondos para este programa fueron recibidos a fines de 1978 y el trabajo empezó a funcionar plenamente a principios de 1979. Los objetivos de investigación son el mantenimiento de la producción atunera a niveles elevados, tratando al mismo tiempo de reducir la mortalidad de los delfines y protegiendo la sobrevivencia de todas las poblaciones de delfines implicadas en la pesca. A pesar de haberse reducido la cantidad de aleta amarilla capturada en asociación con delfines en los últimos años, este método de pesca sigue siendo una parte importante de la pesca, produciendo la mayor parte del tonelaje anual del aleta amarilla (Tabla 18).

### Recolección de datos

En 1981, se llevaron a cabo sesiones de entrenamiento en Panamá y los EEUU, para instruir a los técnicos científicos sobre la forma en que deben identificar las especies principales de mamíferos marinos que se encuentran en la pesca atunera del Pacífico oriental, la manera en que deben estimar la magnitud de un cardumen, cómo deben identificar el comportamiento de los delfines, cómo se realizan las maniobras de pesca cerqueras y cuáles son las artes y los métodos empleados para la recolección de los datos y cuál es la etiqueta a bordo.

El método empleado para determinar cómo muestrear los viajes cerqueros de la flota internacional en 1981, incluía dividir arbitrariamente el año civil en tres intervalos. Se asignó a estos intervalos el número de viajes que debían realizar los barcos abanderados de los países participantes, con un esquema ideado para minimizar la varianza de la estimación de la mortalidad total de los delfines de las flotas participantes. Los países cuyas flotas fueron incluidas en el muestro fueron los países miembros de Panamá y los Estados Unidos, y los países no miembros de Costa Rica y Venezuela. (Las naciones miembros de Canadá, Francia, Nicaragua y el Japón fueron excluidos porque actualmente no tienen barcos cerqueros maniobrando en la pesca epipelágica del Pacífico oriental). Además, México y la Comisión han estado trabajando en un acuerdo bajo el cual México participará también en el programa. En espera de este acuerdo se asignó un número arbitrario de viajes a los cerqueros mexicanos. A continuación presentamos el número de viajes programado para cada país y el número de viajes actualmente muestreado en 1981 (incluyendo un viaje incompleto).



Viajes programados en 1981				
	Intervalo I	Intervalo II	Intervalo III	Total
Costa Rica	0	2	1	3
México	6	7	7	20
Panamá	2	3	2	7
EEUU	25	19	27	71
Venezuela	0	2	1	3
Total	33	33	38	104

Viajes muestreados en 1981				
	Intervalo I	Intervalo II	Intervalo III	Total
Costa Rica	0	1	0	1
México	0	0	0	0
Panamá	1	1	1	3
EEUU	19	15	21	55
Venezuela	0	0	0	0
Total	20	17	22	59

Varios factores han contribuido a la diferencia entre el número de viajes planeado y el número muestreado. Estos incluyen demoras en la finalización del acuerdo con México, la transferencia de pabellón de una nación a otra, problemas internos que se les ha presentado a las naciones participantes, los barcos que han sido seleccionados para el muestreo salen a pescar a otras zonas fuera del Pacífico oriental y el hundimiento de algunos barcos también seleccionados para el muestreo.

### Mortalidad observada de delfines en 1981

La muestra de la flota internacional en 1981, consistió en 59 viajes, incluyendo un viaje incompleto y 6 viajes iniciados en 1980 y terminados en 1981. Los barcos muestreados realizaron en total 530 lances sobre atunes asociados con delfines en 1981 y se observó la siguiente mortalidad por especie:

delfín manchado de altura ( <i>Stenella attenuata</i> )	3,371
delfín manchado costero	55
delfín manchado sin identificar	59
Delfín tornillo oriental ( <i>Stenella longirostris</i> )	421
delfín tornillo panza blanca	1,000
delfín tornillo costarricense	29
delfín tornillo sin identificar	9
delfín común ( <i>Delphinus delphis</i> )	198

delfín listado ( <i>Stenella coeruleoalba</i> )	12
otros	12
delfines sin identificar	52
Total	5,218

### Origen de los datos de los mamíferos marinos

Desde su iniciación en 1978, la investigación atún-delfín se ha interesado en la recolección de los datos de los técnicos embarcados en cerqueros atuneros. Estos datos incluyen información útil mediante la cual se puede investigar la muerte incidental de los delfines en los lances cerqueros de atunes, la abundancia de los delfines, su comportamiento con relación a la pesca y los problemas con las artes que resultan en el aumento de la mortalidad. En conjunto, forman la base de los datos de los mamíferos marinos. Algunos de los empleados de la Comisión trabajan todo el tiempo en la edición de los datos que se reciben, los procesan en la computadora de la Comisión y luego los vuelven a examinar para ver si encuentran errores antes de que estén listos para el análisis.

El año pasado, el personal gastó una parte considerable de tiempo modificando la forma en que los datos entran en la computadora, cómo se deben archivar los datos y cómo se deben examinar para ver si contienen errores. Estos cambios han hecho que los datos sean más confiables y fáciles de compendiar o recuperar para ser analizados.

Además de este trabajo, el personal de la Comisión ha escrito manuales describiendo dos aspectos en el proceso de producir datos que pueden ser analizados según los datos originales obtenidos por los técnicos. El primer manual describe los procedimientos que sigue el personal para editar los datos originales antes de entrarlos en la computadora. El segundo describe la forma en que se pueden utilizar los datos. Ambos manuales suministrarán material útil de referencia a los investigadores encargados del análisis de los datos. Servirán también como un medio para documentar cualquier cambio que ocurra en la recolección de los datos.

Se tienen ahora los datos de la flota internacional de 1979, 1980 y 1981. En las Tablas 19-22 se presentan los sumarios de estos datos correspondientes a cada año y a los tres años combinados. En las tablas se expresa el número de lances, las cantidades de delfines muertos, las toneladas de atún capturadas en lances sobre delfines, la media de la mortalidad por lance, la media de la mortalidad por tonelada y el tonelaje medio por lance de cada uno de los diferentes tipos de lances definidos por la composición de los delfines capturados en el lance. Surgen ciertas características evidentes según estas estadísticas sumariadas. La media de la mortalidad por lance y la media de la mortalidad por tonelada son inferiores en cuanto a los lances sobre cardúmenes puros de delfín manchado. Son superiores

en lances que incluyen delfines tornillo oriental y aún más elevadas en aquellos que incluyen delfines tornillo panza blanca, delfín común y delfín listado. Los índices de mortalidad en los cardúmenes mixtos de delfines manchados y tornillo panza blanca son superiores a aquellos cardúmenes mixtos de delfines manchados y tornillo oriental, a causa del índice más elevado de mortalidad de los delfines manchados. En la Tabla 23 se presenta el programa de la recolección de datos que abarca la flota de los EEUU y las flotas de otros países.

### **Estimaciones del número de lances sobre delfines en 1959–1981**

En años anteriores, la Comisión ha estimado la mortalidad total anual incidental de los delfines con relación a las maniobras cerqueras en el Pacífico oriental, multiplicando la media de la mortalidad por lance de los viajes pesqueros muestreados por la cantidad total estimada de los lances realizados sobre atunes asociados con delfines (lances sobre delfines). Aun cuando se realicen las estimaciones de la mortalidad usando la media de la mortalidad por tonelada, se sigue necesitando el número total de los lances sobre delfines para calcular el tonelaje total de peces capturado en lances sobre delfines, como se describe en la siguiente sección. Se ha concebido un método mejor para estimar la cantidad total de los lances sobre delfines y se ha aplicado a los datos de los años de 1959 a 1981.

La mayoría de los lances sobre delfines han sido identificados en los extractos de los diarios de bitácora de los barcos, compendiados por la Comisión (lances identificados de delfines). Sin embargo, antes de 1975, un número importante de entradas en los diarios de bitácora, de los barcos, no especificaban si los lances eran o no sobre delfines (lances sin identificar). Además, la Comisión no ha tenido acceso a todos los cuadernos de bitácora. Desde 1974, ha aumentado el porcentaje de los cuadernos de bitácora al que la Comisión no tiene acceso y es posible que los barcos de los cuales la Comisión no puede obtener los extractos de bitácora hayan realizado un número significativo de lances sobre delfines.

El número de lances sobre delfines se ha estimado entre los lances sin identificar al estratificar los datos de los extractos de bitácora de acuerdo al tipo de lance (ya sea que se hayan capturado o no atunes en los lances), a la capacidad del barco (ya sea que la capacidad de acarreo sea superior o inferior a 500 toneladas), la época del año y zona geográfica. La estratificación geográfica de la zona ha sido aproximada desde el lance identificado más “cercano” al agrupar los datos en diez categorías de acuerdo al tipo de lance (delfines o no delfines) y de la distancia (en millas náuticas). Con el fin de reducir el número de estratos, se incorporan la época del año y la capacidad del barco en el proceso de seleccionar los lances identificados más “cercaños”. En cada uno de los 20 estratos (2 tipos de estratos positivos x 10 estratos de zonas geográficas) se ha supuesto que los lances sin identificar se basan en la misma proporción de lances sobre delfines o sin delfines, observada en los lances identificados en el estrato.

Se ha estimado el número de los lances sobre delfines entre los lances que no

se han registrado, usando las estimaciones de la Comisión del abarcamiento de bitácora de los desembarques de atún aleta amarilla. Se ha supuesto que el porcentaje anual de los lances sobre delfines que no fue compendiado en el archivo de los datos de la Comisión es igual al porcentaje anual de los desembarques de atún aleta amarilla que no se consideró en la base de datos.

Las estimaciones anuales del número de lances sobre delfines se presentan en la Tabla 24 y la Figura 33. La mayoría de los lances sobre delfines realizados durante 1962–1980, fueron identificados como tales en los datos de bitácora. Los lances sin identificar fueron comunes en 1959–1961, formando más de la mitad del número total de lances estimados sobre delfines. Los lances sin identificar forman por lo menos el 10% del número total estimado de los lances sobre delfines en cada uno de los años de 1959–1967. Los lances sin registrar forman por lo menos el 10% del número total de los lances sobre delfines en 1975–1981.

### **Estimaciones de la mortalidad total en 1981**

Cada año, el personal de la Comisión calcula las estimaciones de la mortalidad total incidental de los delfines debida a las maniobras cerqueras. Los datos provienen de dos fuentes. La Comisión obtiene los datos al colocar técnicos científicos a bordo de los cerqueros de la flota internacional y el National Marine Fisheries Service (NMFS) obtiene los datos de la flota registrada en los EEUU, mediante un programa similar. Estos datos se combinan y solo se emplean en el análisis aquellos animales que se conoce han muerto en estas maniobras. Se omiten los animales anotados como heridos, que pueden haber muerto después.

En años anteriores, se ha estimado la mortalidad usando un estimador de la proporción de la mortalidad por lance multiplicado por el número total de lances realizados en atunes asociados con delfines. Este año, se ha estimado la mortalidad empleando el estimador de la proporción de la mortalidad por lance multiplicado por el número total de toneladas de los peces capturados en lances asociados con delfines. La mortalidad por tonelada es un estimador mejor que la mortalidad por lance porque los datos del muestreo indican que la cantidad de delfines muertos en cada viaje puede pronosticarse más acertadamente al usar en cada viaje el número de toneladas de atún capturadas en asociación con delfines en lugar del número de lances asociado con delfines. Los datos se estratificaron en dos grupos (aquellos recolectados por la flota de los EEUU y aquellos recolectados por la flota de otros países) a causa de las diferencias en la intensidad del muestreo (Tabla 23) y debido a que existe la posibilidad de que los índices de mortalidad pueden ser diferentes. No se han observado diferencias importantes en los índices de mortalidad entre las flotas de otros países. Se estratificaron también los datos por especies de delfines debido a que existen diferencias en los índices de mortalidad de las diferentes especies de delfines implicadas en la pesca de atún con redes de cerco (Tablas 19-22).

Como el método para calcular las estimaciones de la mortalidad de los delfines

es diferente este año, se presenta a continuación una breve descripción del mismo. Todos los lances realizados sobre atunes asociados con delfines en cada viaje fueron considerados como un muestreo por conglomerado. La relación entre las toneladas capturadas de peces y el número de delfines muertos en cada viaje es aproximadamente lineal, así que el estimador de la mortalidad por tonelada se presenta mediante

$$\hat{R}_j = \frac{\sum_{i=1}^n k_{ij}}{\sum_{i=1}^n t_i}$$

donde  $k_{ij}$  es el número de especies  $j$  muertas en el viaje  $i$ ,  $t_i$  son las toneladas de atún capturadas en el viaje  $i$  y  $n$  es el número muestreado de viajes en los que se realizaron lances en atunes asociados con delfines.

La mortalidad total estimada se da por

$$\hat{K}_j = \hat{R}_j \cdot T$$

donde  $K_j$  es la mortalidad total estimada de la especie  $j$  y  $T$  es todo el tonelaje capturado de atún en todos los lances sobre atunes asociados con delfines.

En este análisis,  $T$  se considera como una constante con el fin de simplificar los cálculos de las estimaciones de la varianza. En realidad, se estima según varias fuentes de información e implica multiplicar todo el número estimado de lances sobre delfines asociados con atún por la media de la captura por lance de lances identificados de este tipo. Por esta razón las varianzas calculadas de la mortalidad total se encuentran subestimadas aunque la varianza de  $T$  es probablemente pequeña comparada con la varianza de  $R_j$ . Las varianzas se calcularon como

$$\text{var}(\hat{K}_j) = \frac{N(N-n)}{n(n-1)} \left( \sum_{i=1}^n k_{ij}^2 + \hat{R}_j^2 \sum_{i=1}^n t_i^2 - 2\hat{R}_j \sum_{i=1}^n k_{ij}t_i \right)$$

donde  $N$  es todo el número de viajes en los que se realizaron lances sobre delfines asociados con atún.

Las estimaciones de toda la mortalidad y sus errores normales por especie y por las flotas de los EEUU y de otros países se presentan en la Tabla 25. En años anteriores, se han también estratificado los datos por el número de lances por viaje y es probable que las estimaciones del error normal se hubieran podido reducir si ésto se hubiera hecho este año.

Los errores normales de las estimaciones de la flota de los EEUU son pequeños, reflejando así la gran proporción de viajes pesqueros muestreados en este estrato. Sin embargo, son grandes para las flotas de otros países, reflejando la pequeña muestra en el estrato. En el Informe Anual de la Comisión de 1980 (p. 123), se describió una simulación Monte Carlo, la que reveló que las estimaciones de los errores normales se encontraban sesgadas hacia abajo y que los intervalos de confianza del 95% eran asimétricos y superiores a  $\pm 2$  errores normales respecto a los datos de la mortalidad por lance porque eran asimétricos. Estas características fueron más marcadas en las muestras pequeñas que en las grandes y para el delfín común que para el delfín manchado. Aunque esa simulación no se ha efectuado aquí en los datos de la mortalidad por tonelada, es probable que se apliquen propiedades similares a estos datos.

La Tabla 26 indica, en comparación, las estimaciones de la mortalidad y sus errores normales calculados usando el estimador de la proporción de la mortalidad por lance. El error normal de las estimaciones de la mortalidad total por especie es mayor para los delfines manchados y comunes pero menor para los delfines tornillo oriental y panza blanca en comparación a cada error normal correspondiente a las estimaciones hechas usando el estimador de la proporción de la mortalidad por tonelada.

Los resultados del análisis de 1981, destacan nuevamente que aunque las estimaciones de la mortalidad incidental de los delfines, debidas a las maniobras de cerco atuneras, son adecuadas para la flota de los EEUU, son inadecuadas para las flotas de otros países. Esta situación permanecerá inalterable hasta que la Comisión sea capaz de muestrear una proporción mayor de viajes pesqueros de las flotas de otros países.

### **Estimaciones de la abundancia del delfín *Attenuata longirostris* oriental**

La Comisión a través de su investigación atún-delfín, tiene el deber de tratar de mantener la producción de los túnidos a un nivel elevado, manteniendo al mismo tiempo las poblaciones de los delfines al mismo nivel o a un nivel aún superior, que garantice su supervivencia a perpetuidad. Uno de los principios para evaluar la condición de la población de los delfines es averiguar si existe durante algún período una tendencia positiva o negativa en las estimaciones de la abundancia de las poblaciones. Los técnicos científicos que se encuentran a bordo de barcos atuneros obtienen datos que pueden usarse para calcular tales estimaciones de la abundancia, utilizando las técnicas del muestreo en la derrota. Los detalles de estas técnicas y de los sesgos incurridos al violar las suposiciones del método, han sido descritos en los informes anuales de 1979 (pp. 139-143) y 1980 (pp. 124-130).

Hay dos especies de delfines que sostienen la mayoría de la pesca de los atunes asociados con delfines en el Océano Pacífico oriental; el delfín manchado (*Stenella attenuata*) y el delfín tornillo (*S. longirostris*). De éstos, se cree que la raza

oriental del delfín tornillo ha sufrido la mortalidad incidental más elevada con relación a las maniobras con cerco. Esta raza está actualmente, en cierta forma, protegida por la ley de los EEUU que prohíbe a los cerqueros de pabellón estadounidense calar sus redes alrededor de cardúmenes de delfines tornillo oriental. Algunos otros países cuyos ciudadanos pescan atunes asociados con delfines tienen también leyes referentes a la protección de los delfines. Como se cree que se han matado grandes cantidades de animales de la población del delfín tornillo oriental y debido a que continúa la mortalidad incidental con relación a la pesca atunera (no obstante a un nivel reducido), existe alguna aprehensión de que esta población de delfines no se encuentre al nivel o sobre el nivel que garantice su supervivencia.

Por esta razón, el personal de la Comisión se ha dedicado a calcular las estimaciones de la abundancia del delfín tornillo oriental. Las estimaciones que se presentan más adelante se han realizado usando los datos obtenidos por los técnicos del NMFS de los EEUU a bordo de cerqueros estadounidenses y fueron obtenidos por la Comisión gracias a esa organización. La Comisión tiene datos similares desde 1979, provenientes de la flota internacional y éstos estarán listos para ser analizados detalladamente en 1982. El aumento en la magnitud de la muestra, principiando en 1979, debe mejorar las estimaciones de la abundancia realizadas en estos años.

En los análisis hechos aquí, se estratificaron los datos en tres zonas (Figura 34). La zona A1 representa la región en la que se cree habitan solamente delfines tornillo oriental. La zona A2 es la región en la que se cree que la distribución de esta raza se traslapa con la del delfín tornillo panza blanca. La zona A3 es la región en la que se cree que habita solo la raza del delfín tornillo costarricense. Estas tres zonas se consideraron diferentemente en el análisis. La zona A3 se ignoró ya que se supone que el delfín tornillo oriental no aparece allí. Se supuso que en la zona A1 todas las observaciones de delfines tornillo sin identificar fueron delfines tornillo oriental. En la zona A2, se calcularon dos estimaciones de la densidad; una en la que se supone que todas las observaciones de delfines tornillo sin identificar eran delfines tornillo oriental y la otra en que se supone que ninguno era. En la zona A2 existe poca información que pueda proveer una indicación de la proporción de cardúmenes de delfines tornillo sin identificar que eran tornillo oriental y no se han realizado suposiciones con respecto a esto.

La Figura 35 presenta estimaciones de la densidad de los cardúmenes de *S. longirostris* oriental de 1977 a 1980. Se dan dos estimaciones para cada año. La más elevada incluye todos los cardúmenes de *S. longirostris* sin identificar vistos en la zona A2 y la más baja no lo hace. La mejor estimación se ubica entre estos dos extremos. La Figura 36 presenta estimaciones de la cantidad de delfines *S. longirostris* oriental desde 1977 hasta 1980. Estas han sido calculadas al multiplicar las estimaciones de la densidad de los cardúmenes en cada una de las dos zonas, A1 y A2, por la estimación asociada de la media de la magnitud del

cardumen y por la extensión de la zona y sumándolas. De nuevo, se dan dos estimaciones para cada año y estas son análogas a las de la Figura 35. La Figura 37 muestra estimaciones de la media global de la magnitud del cardumen de *S. longirostris* oriental, calculada según los datos obtenidos por los técnicos científicos. Estas son sencillamente las estimaciones de la Figura 35 divididas por las estimaciones de la Figura 36. Estas indican la variación en las estimaciones de la magnitud media del cardumen, que se transforman directamente en estimaciones de la cantidad total de delfines.

Se conoce que estos resultados están sujetos a sesgos potenciales debido a la violación de algunas de las suposiciones que son necesarias para las técnicas del muestreo de la derrota con el fin de proveer estimaciones precisas de la abundancia. Se puede suponer que algunos de estos sesgos sean constantes. No hay razón para creer que el error en los ángulos y las distancias anotadas de los cardúmenes observados desde el barco, los errores en las estimaciones de la magnitud del cardumen o el desplazamiento de los cardúmenes a consecuencia de la aproximación de los barcos, han cambiado durante el tiempo estudiado en la zona bajo investigación. Otros sesgos pueden haber cambiado entre los años. Las diferencias en la distribución del esfuerzo de búsqueda referentes a la distribución de los delfines y las diferencias en las condiciones meteorológicas que afectan la probabilidad de ver y anotar cada cardumen en los alrededores de la línea de búsqueda, darán como resultado una variación de un año a otro, además de la variación normal del muestreo. Hasta que se conciban métodos para cuantificar estos sesgos, se necesitará una serie mayor de estimaciones para descubrir cualquier tendencia ascendente o descendente en las estimaciones de la abundancia.

### Estudio fotográfico aéreo

En noviembre y diciembre de 1980, se realizó un estudio fotográfico aéreo frente a la costa de México. Los detalles de los objetivos de este estudio, de los vuelos y de las fotografías, se describieron en el Informe Anual de la Comisión de 1980 (pp. 131-132). El trabajo en este año se ha concentrado en determinar la distribución de la frecuencia de talla de 100 cardúmenes de delfines fotografiados, para estimar los índices de reproducción y comparar las estimaciones de la magnitud del cardumen de los observadores con los cálculos obtenidos por las fotografías. Se están midiendo las imágenes de los delfines en estas fotografías con un monocomparador, que es un dispositivo óptico calculador extremadamente exacto. Las longitudes actuales pueden calcularse según la siguiente ecuación:

$$L = \frac{H}{f} i$$

dónde

$L$  = longitud actual

$H$  = altitud de la aeronave



$f$  = longitud focal de los lentes de la cámara

$H/f$  = escala

$i$  = longitud de la imagen

La medida de la longitud de la imagen se realiza típicamente desde la punta del hocico hasta el borde posterior de la aleta caudal. Las longitudes actuales deben ajustarse con relación a las longitudes normales (punta del hocico hasta la bifurcación de la aleta caudal) para compararla con las distribuciones de talla publicadas anteriormente.

Los análisis preliminares en algunos datos iniciales (que no se han convertido aún a longitudes normales) se han realizado para evaluar qué tanta información podrá obtenerse de éstos. Las características más importantes de los datos son (i) la presencia de las modas que indican las fluctuaciones en la reproducción de las crías o en la sobrevivencia; (ii) qué tan diferentes son estas modas, que indican cuánta variabilidad existe en cada fluctuación; (iii) cuántas modas hay y cuál es la distancia intermodal que señala los grupos de edad que representan las modas y (iv) cuál es la magnitud relativa de cada moda que indica la potencia de cada generación.

Estas características han sido investigadas al separar los componentes de la distribución de los datos usando un programa computarizado que requiere datos sobre el número de las distribuciones y de los valores aproximados de las medias y de las desviaciones normales, suministrando las medias y las desviaciones normales ajustadas y el porcentaje de la muestra relacionada con cada distribución.

La Figura 38 presenta una serie de los datos de longitud agrupados en histogramas de la frecuencia de un cardumen de *S. longirostris* costarricense, una distribución general ajustada de la frecuencia y de la posición de las medias de los componentes de la distribución.

Estos resultados preliminares al compararlos con los índices de crecimiento de poblaciones afines de delfines indican que las modas que aparecen al lado izquierdo de la figura representan en la reproducción series de 6 meses, formando cada una aproximadamente del 3 al 4% de toda la muestra. Se continúan los análisis sobre los parámetros de reproducción y de la estructura de los cardúmenes de delfines. Se estima que aproximadamente 44 cardúmenes en total son aptos para el análisis.

La magnitud del cardumen fue estimada por los observadores a bordo de aviones y por los cálculos realizados según fotografías aéreas. Estas estimaciones se están actualmente comparando. Los resultados preliminares de la comparación de 45 cardúmenes indican que los observadores aéreos subestimaron típicamente la magnitud de los grandes cardúmenes de más de 1,000 delfines.

### **Programa de las artes**

A fines del verano y del otoño de 1980, la Comisión fabricó y colocó cinco balsas que servirían para congregiar peces (Figura 39) anclándolas en aguas profundas (1,700-2,100 brazas) en el Océano Pacífico oriental, para tratar de determinar si los atunes podían ser atraídos por objetos anclados en esa zona y en cantidades lo suficientemente grandes para sostener con éxito maniobras cerqueras (véase Informe Anual de la Comisión de 1980, pp. 134-136). Estos dispositivos podrían, tal vez, suministrar otra opción en cuanto a la pesca de atunes asociados con delfines. Las balsas fueron colocadas fuera de las 200 millas de las zonas pesqueras de los países ribereños y se notificó a los barcos de su posición, pidiéndoles que dieran informes a la Comisión referente a cualquier reconocimiento hecho sobre las balsas o sobre cualquier captura obtenida cerca a ellas. Durante el período en que las balsas se encontraban colocadas se recibieron informes de barcos pesqueros de 26 visitas a las balsas. No pudo determinarse la duración exacta del tiempo que cada balsa permaneció anclada, pero el número de días desde que se colocaron hasta la última vez que se vieron fluctuó de 62 a 137 días. Todas las balsas (según los informes recibidos) atrajeron varias cantidades de peces cebo como también atunes. Se recibieron noticias que solo se habían realizado tres lances sobre atunes asociados con estas balsas, dos lances en la proximidad de una balsa dió como resultado una captura de 8 toneladas de aleta amarilla y 8 toneladas de barrilete y un lance cerca a otra balsa produjo 5 toneladas combinadas de atún aleta amarilla y barrilete. Así, que se capturaron aproximadamente, en total, 21 toneladas de aleta amarilla y barrilete en asociación con las balsas ancladas. Todos los peces capturados se describieron como pequeños. Este hecho parece limitar el uso de estas balsas para atraer delfines asociados con atunes ya que estos últimos son normalmente bastante grandes.

Dos de estas balsas fueron vistas a la deriva por algunos barcos; no se ha podido determinar por la información recibida cuál fue la causa de que se soltaran las amarras. Dos de los barcos realizaron lances sobre atunes cerca a una de las balsas que iba a la deriva, un barco obtuvo en un lance 15 toneladas de barrilete y 5 toneladas de aleta amarilla, y otro barco obtuvo en un lance 13 toneladas de barrilete y 2 toneladas de aleta amarilla, un total de 35 toneladas de atún. Se informó nuevamente que los peces eran pequeños.

Si los dispositivos anclados para congregiar peces han de tener éxito en la pesca competitiva de alta mar en el Océano Pacífico oriental, posiblemente deberían colocarse muchas de estas balsas y sería necesario tener alguna clase de mantenimiento para que siguieran siendo productivas.

La Comisión ha estado experimentando con una "puerta" que fue diseñada para evitar el desplome de la red durante la maniobra de retroceso. La puerta es similar en diseño y principio a las puertas o tablas empleadas por los barcos arrastreros para mantener sus redes de arrastre abiertas (Figura 40). Se ha

ensayado en cuatro ocasiones durante experimentos de la red de cerco en aguas locales y se han hecho varios cambios estructurales. Hasta ahora, la puerta no ha producido los resultados deseados, aunque las pruebas han indicado que posiblemente puede evitarse el desplome del conducto formado por el retroceso al atravesar sencillamente un cable desde la popa del barco hasta un punto al lado de popa de la línea de flotación del canal formado por el retroceso. Se continuará experimentando con la puerta oportunísticamente.

Un análisis de la Comisión de la serie de datos sobre delfines de 1981, indica que el 11.2% de todos los lances sobre delfines observados en el año fueron lances durante los cuales el sol se había puesto antes de que se terminara la maniobra de retroceso (lances crepusculares). Esto significa que todo o parte del retroceso se realiza en condiciones pobres de luz fluctuando desde el crepúsculo a completa oscuridad. Estos lances crepusculares formaron el 31.2% de todos los lances observados que tenían una mortalidad de 10 o más animales. Además, se dejaron en promedio 6.2 animales vivos en la red después del retroceso durante los lances crepusculares comparado con 2.2 animales vivos dejados en la red después de los retrocesos durante los lances en los que no se había puesto el sol. Puede que esto se deba a la reducción en la visibilidad de la persona encargada de maniobrar el barco y de las personas que rescatan los delfines de noche. Los barcos emplean alguna iluminación por la noche para ayudar en la maniobra de retroceso, pero el conducto y el ápice no se encuentran iluminados continuamente.

Se experimentaron en mayo varios sistemas de iluminación a bordo de un cerquero fletado, el *Santa Helena*, durante una maniobra de retroceso nocturna para poder evaluar la efectividad en suministrar más visibilidad en el canal de retroceso tanto para la persona encargada de la maniobra del barco como para los rescatadores de delfines. Durante la prueba del lance no se encontraban delfines en la red. Dos de las luces ensayadas, un reflector fabricado comercialmente y un tablero de luces armado por la Comisión, fueron considerados los más eficaces. Se le prestó el tablero de luces a un barco durante dos viajes de pesca, pero el barco no tuvo oportunidad de experimentar con este tablero. Se prestó el reflector, una luz de sodio de 1000 vatios de alta presión a dos barcos para un viaje de pesca de cada uno, pero solo se ensayó la luz durante un lance tardío. El capitán y los rescatadores de delfines del barco que ensayaron la luz, indicaron que la luz ofrecía una iluminación adecuada y que ayudaba al rescate de los delfines en unos dos tercios del canal, pero que no tenía suficiente potencia para iluminar el ápice de la red. La Comisión ha obtenido 5 más de estos reflectores para prestárselos a los barcos que llevan técnicos de la CIAT con el fin de realizar más experimentos con estas luces en 1982.

El personal presentó a mediados de enero un seminario a los pescadores atuneros de Ensenada (México) referente a la reducción de la mortalidad de los delfines. Participaron unas 120 personas en la reunión que duró dos días, la que se celebró en coordinación con el Instituto Nacional de Pesca de Baja California del Norte. Las discusiones durante el seminario se concentraron en las artes de pesca

y en los procedimientos que han sido eficaces en reducir la mortalidad incidental de los delfines en la pesca con redes de cerco en el Pacífico oriental. El Director de Investigaciones, describió además, el proyecto de la Comisión de las balsas ancladas y examinó la condición de las poblaciones de atún en el Océano Pacífico oriental. El Dr. Guillermo Compean del Departamento de Pesca de México, ofreció algunas disertaciones sobre el programa mexicano atún-delfín y sobre la pesca del atún aleta azul (*Thunnus thynnus*) del Atlántico.

A comienzos de enero, antes del seminario de Ensenada, el personal encargado de las artes se encontraba en Panamá entrevistando a los capitanes y tripulantes de los barcos, instruyéndolos sobre los procedimientos y las artes para liberar delfines, los problemas de las artes, los niveles de la mortalidad de los delfines de la flota internacional y los proyectos de la Comisión, y donaron escritos referentes a la reducción de la mortalidad. Durante el año se visitaron también en San Diego los barcos de la flota internacional.

Los datos obtenidos por los técnicos de la Comisión a bordo de los cerqueros son frecuentemente examinados por el personal encargado de las artes, especialmente los de aquellos viajes donde hubo un promedio más elevado de mortalidad de delfines. Se determinan las causas de la mortalidad elevada y, si es posible, el personal se entrevista con el capitán del barco para discutir el problema y encontrar una posible solución. Durante el año se efectuaron 6 de estas entrevistas. En la mayoría de los casos, un gran porcentaje de la mortalidad fue atribuida a que el paño de protección no se había acoplado apropiadamente a la red, lo cual puede corregirse fácilmente.

A los cerqueros de la flota internacional con tripulantes de habla hispana, se les provee películas en español del NMFS referentes a cómo evitar la mortalidad de los delfines durante las maniobras cerqueras. El texto fue traducido por el personal de la comisión. La película, titulada "Maniobras de cerco y protección de los delfines," ha sido distribuida el año pasado en cinta magnetofónica a 29 barcos. La Porpoise Rescue Foundation de los EEUU, en los últimos dos años ha donado la versión en inglés de la película a unos 76 barcos de los EEUU.

A continuación se indica de la mejor manera posible la clasificación de los paños de seguridad de los delfines, los que son empleados actualmente por 201 embarcaciones con cerco de la flota internacional, que son lo suficientemente grandes para estar equipados apropiadamente para pescar atunes asociados con delfines (clases de arqueo 4, 5, y 6) y que han pescado en el Océano Pacífico oriental el año pasado:

Equipados con paño superprotector y paño de seguridad de malla fina (toda la malla de 1¼ de pulgada)

Equipados solamente con un paño de seguridad de malla fina (malla de 1¼ de pulgada)	60
Equipados con un paño de seguridad de malla de 1½ pulgada	2
Equipados con un paño de seguridad de malla de 2 pulgadas	5
No equipados con ningún paño de seguridad	15
No se conoce el tipo de paño	7
Total	201

Aquellos barcos que no emplean paños de seguridad en sus redes para los delfines, no pescan necesariamente atunes asociados con delfines, aunque puede que el barco esté equipado para hacerlo. Los cinco barcos que tienen paños de seguridad con malla de 2 pulgadas son barcos estadounidenses más pequeños que no tienen necesidad de estar dotados con paños de seguridad para los delfines de acuerdo a las reglamentaciones actuales de los EEUU. La malla de 2 pulgadas fue un requisito de hace varios años antes de que se presentara la malla de 1¼ de pulgada.

### Comité sobre la interacción atún-delfín

En octubre de 1980, hacía dos años que la Comisión había emprendido el programa de investigación atún-delfín y la recolección de datos y, el personal, consideró que era el momento apropiado para convocar un Comité y discutir la interacción atún-delfín en el Océano Pacífico oriental. Por consiguiente, se convocó el Comité del 6 al 10 de abril de 1981 en Managua (Nicaragua). Podían participar en esta reunión los científicos de las naciones miembros de la Comisión, de otros países cuyos ciudadanos pescan atún asociado con delfines y de otras organizaciones que estuvieran interesados en la interacción atún-delfín y otros problemas afines. Aparte del personal de la Comisión participaron científicos de Costa Rica, México, Nicaragua, Panamá, Inglaterra y los Estados Unidos.

Como una guía para sus deliberaciones, los participantes trataron de cumplir con los términos de referencia que eran:

1. examinar el conocimiento actual de los puntos referentes a la interacción atún-delfín en el Océano Pacífico oriental;
2. examinar las formas posibles de la interacción atún-delfín;
3. examinar el problema administrativo atún-delfín con referencia a lo anterior;
4. examinar los puntos necesarios y efectivos de investigación para determinar la naturaleza de la interacción atún-delfín;
5. Indicar los experimentos y reconocimientos futuros con este fin.

Se les entregó a los participantes documentos básicos; éstos incluían manuscritos revisados y preparados por el personal de la Comisión, específicamente para el Comité, sobre los temas de la mortalidad natural de los delfines, la estimación de la abundancia de los delfines y las poblaciones de delfines en el Pacífico oriental.

De los debates resultaron muchas ideas para continuar con la investigación futura y éstas se sumarizan a continuación:

1. Correlacionar la distribución de los delfines con los cambios de las características geográficas como son la temperatura de la superficie del mar y la profundidad de la termoclina, especialmente en los años en que existen condiciones anómalas, como El Niño.
2. Vigilar los movimientos de los cardúmenes de delfines cercanos a los límites actualmente empleados de las poblaciones con fines administrativos.
3. Continuar recolectando datos morfológicos y merísticos de los delfines muertos incidentalmente a causa de las maniobras cerqueras.
4. Buscar las diferencias en la norma de los incrementos en las secciones de los dientes de los delfines para tratar de distinguir entre las poblaciones.
5. Investigar aún más el grado de polimorfismo en la colocación geométrica de las enzimas en los delfines.
6. Continuar la investigación sobre la posibilidad de usar “marcas naturales” como son los parásitos para diferenciar las poblaciones de delfines.
7. Obtener muestras sanguíneas de delfines vivos para poder determinar estimaciones insesgadas de los índices de gestación.
8. Tratar de usar más los lances en los que mueren grandes cantidades de delfines para obtener datos con menos sesgos.
9. Investigar la posible segregación por sexo y edad de los cardúmenes de delfines.
10. Concebir métodos para estimar la mortalidad de los delfines en los viajes de pesca en los que no van técnicos.
11. Investigar los efectos fisiológicos en los delfines de la captura y liberación.
12. Idear métodos para estimar directamente la densidad de la población de los delfines según el ángulo y la distancia del barco con relación al cardumen.
13. Investigar los efectos meteorológicos sobre la probabilidad de ver delfines en los alrededores de la línea de búsqueda del barco.
14. Continuar investigando el grado de casualidad del esfuerzo de búsqueda de los barcos cerqueros referente a la distribución de los delfines.
15. Concebir la técnica para poder calcular con precisión desde el barco de reconocimiento el ángulo y la distancia de los cardúmenes.

16. Investigar las diferencias entre las estimaciones de la media de la magnitud de los cardúmenes, obtenida desde diferentes plataformas de observación.
17. Concebir y analizar modelos sencillos de la interacción atún-delfín.
18. Comparar la dinámica del atún aleta amarilla antes y después del comienzo de la fuerte mortalidad de delfines.
19. Idear modelos sofisticados de simulación de la interacción atún-delfín para poder pronosticar los resultados de las posibles decisiones administrativas.
20. Estudiar la ecología de las manchas de presa con relación a los atunes y delfines.
21. Estudiar la ecología comparativa de alimentación de las diferentes especies de delfines.
22. Continuar investigando la cadena alimenticia trófica en el Océano Pacífico oriental.
23. Continuar el análisis del contenido estomacal de los atunes y delfines.
24. Marcar y localizar los delfines encontrados en agregaciones de especies mixtas.
25. Investigar la asociación entre los atunes aleta amarilla y los delfines comunes (*Delphinus delphis*) que ocurre irregularmente.
26. Investigar las zonas oceánicas que tengan una oceanografía similar, pero diferentes frecuencias de asociación atún-delfín.

Estas ideas investigativas las está empleando el personal de la Comisión como una guía para planear investigaciones futuras.

Se encuentra actualmente en la imprenta un informe sobre el Comité que la Comisión publicará en su serie de Informes Especiales.

El Comité se efectuó gracias a la ayuda del Instituto de Pesca de Nicaragua, cuya colaboración se reconoce y agradece.

## OCEANOGRAFIA Y ECOLOGIA DEL ATUN

### El barrilete y el índice de mezcla del viento

El método para calcular la media de la velocidad del viento y la TSM dentro de los límites normales de la TSM de 82°F en la zona de desove del barrilete del Pacífico central tropical, ha sido descrito en el Informe Anual de la Comisión de 1980. Las aguas de la TSM de más de 82°F (27.8°C) se consideran favorables para el desove, la sobrevivencia de las larvas o ambas cosas.

La cantidad de mezcla causada por el viento es aproximadamente proporcional a la velocidad cúbica del viento. Se ha propuesto que el índice de la mezcla del viento (nudos<sup>3</sup>) se relaciona inversamente al grado de concentración de los organismos alimenticios en las capas en las que se alimentan las larvas de los peces (véase Informe Anual de la Comisión de 1980). Un índice bajo en las zonas de desove del barrilete puede indicar buenas condiciones alimenticias para las larvas de barrilete y mejores índices de sobrevivencia; en cambio un índice elevado puede indicar pobres condiciones alimenticias, debidas a la desaparición de las capas y a la dispersión del alimento y, por consiguiente, índices bajos de supervivencia de las larvas de barrilete.

Los datos empleados originalmente de la velocidad del viento y de la temperatura superficial del mar (TSM) provenientes de las transmisiones de radio de los barcos que se encuentran en la mar, se obtuvieron del National Marine Fisheries Service, Southwest Fisheries Center. Otra serie de los datos de bitácora de barcos que regresaron a puerto, fue provista en 1981, por el Dr. Brian C. Weare, del Department of Land and Water Resources, Universidad de California en Davis. Como algunas zonas de 5 grados tenían a veces en algunos meses datos de transmisiones de radio pero no de bitácora y otras veces tenían datos de bitácora pero no de radio, se combinaron las dos series de datos con el fin de tener datos de tantas zonas de 5 grados y meses como fuera posible. Los archivos de los datos de bitácora se remontaban a dos años anteriores, desde 1961 a 1959 y mejoraron bastante la zona abarcada al comienzo de los años sesenta.

Las investigaciones anteriores indicaron que la potencia de las generaciones de barrilete podía calcularse mejor al usar solo los índices de captura de peces de 1+ años de los tres primeros trimestres, en lugar del índice anual de captura o los índices de captura de todas las edades estimadas, incluso peces de 0+ años y peces de 1+ años asignados a la misma generación. Por consiguiente, los índices de captura aquí examinados, son solo de peces de 1+ años de los tres primeros trimestres.

A causa del pequeño número (20) que se tiene actualmente de los índices anuales de la abundancia de barrilete, la mezcla del viento y la TSM, se emplearon los métodos del análisis no paramétrico, que no requiere que las distribuciones sean normales y que las varianzas sean similares. Uno de estos métodos que se utilizó fue el coeficiente de correlación de Spearman de las categorías ( $r_s$ ) en las que los datos se ordenan de acuerdo a la talla y se calcula el coeficiente normal de correlación según las categorías. Se ensayó la serie de los índices de captura (CR) durante el período de 1961-1980, para ver si se correlacionaba con las categorías del índice de la mezcla del viento ( $W^3$ ) y la media de la TSM en la zona designada con aguas de más de 82°F, en el período supuesto de desove aproximadamente año y medio antes. Por ejemplo, el CR de 1980, fue asociado con el  $W^3$  y la TSM en un período de 12 meses, julio 1978-junio 1979.



Los valores de  $r_s$  y  $r_s^2$  (la cantidad de variación de la variable dependiente que puede atribuirse a la variable independiente) se presentan más adelante para el CR basado en los tres índices de crecimiento, el  $W^3$  y la TSM:

	TSM		17 cm/año	24 cm/año	32 cm/año
$W^3$	$r_s$	-0.59**	-0.81***	-0.79***	0.78***
"	$r_s^2$	0.35	-0.65	0.62	0.61
TSM	$r_s$	—	0.40 n.s.	0.40 n.s.	0.38 n.s.
"	$r_s^2$	—	—	—	—

\*\* $P \leq 0.01$ ; \*\*\* $P \leq 0.001$ ; n.s., no significativo,  $P > 0.05$

Como se esperaba, el  $W^3$  y la TSM se encuentran significativamente correlacionados, ya que las TSM más bajas se asocian con vientos más fuertes como resultado de la mezcla.

Las investigaciones anteriores demostraron que las TSM a lo largo del ecuador se correlacionan significativamente con las capturas anuales de barrilete, así que es sorprendente encontrar que el CR y la TSM en la zona de los 82°F no se correlacionan significativamente al nivel del 5%. El CR y el  $W^3$  se correlacionan considerablemente ( $P < 0.001$ ) en todos los tres índices de crecimiento y  $r_s^2$  fluctúa de 0.61 a 0.65.

Esto quiere decir que basados en un índice lineal de crecimiento de 24 cm/año, el 62 por ciento de la variación en las categorías del índice de captura de barriletes de 1+ años en los tres primeros trimestres, puede atribuirse a las categorías del índice de la mezcla del viento. Los datos se grafican en la Figura 41. La línea ajustada es una línea de resistencia, calculada por un método no paramétrico que reduce la influencia de los datos extremos como fueron 1972 y 1973. El índice preliminar de captura en 1981, basado solo en el primer semestre, es el tercero más grande desde 1961. El  $W^3$  durante el período de 1980-1981, fue 2,192 nudos<sup>3</sup> así que puede esperarse que el índice de captura de los peces de 1+ años sea durante los tres primeros trimestres de 1982, inferior al promedio, lo que indica que la captura total en 1982, puede también ser inferior al promedio.

El experimento de pronosticar la captura total de barrilete en 1981, presentado en el Informe Anual de la Comisión de 1980, resultó en un valor de 223 mil toneladas. El pronóstico fue basado en el  $W^3$  solo de las transmisiones de radio y según el esfuerzo total proyectado de 66,800 días de pesca, normalizado a días de la clase 3 de arqueado de los barcos cerqueros. El esfuerzo total, actualmente calculado fue de 51,500 días, o sea solo el 77 por ciento del esfuerzo proyectado. Al ajustar la captura pronosticada originalmente por el esfuerzo reducido, dió como resultado un pronóstico modificado de captura de 172 mil toneladas, que es 27 por ciento superior al valor preliminar de 135,400 toneladas de la captura actual de barrilete en 1981. No se intentará pronosticar de nuevo la captura total debido a la gran variación del esfuerzo en los últimos años, haciendo que sea imposible estimar el esfuerzo con un año de anticipación.

**Vulnerabilidad del atún aleta amarilla a las redes de cerco con relación a la estructura de la temperatura vertical**

Durante la década de los años setenta la Comisión y el Southwest Fisheries Center, NMFS, en un programa colaborativo, recolectaron y analizaron varios centenares de observaciones de la temperatura superficial y de los batitermógrafos desechables (BTD), efectuadas a bordo de barcos atuneros, en el Pacífico oriental. Según los estudios iniciados en 1974, se concibió la idea de que el atún aleta amarilla en cardúmenes no asociados con delfines, puede que hayan sido más vulnerables, disponibles o ambas cosas a la pesca con redes de cerco, cuando las isotermas de los 23°C y 15°C se encontraban más cerca de la superficie. Esto se basó en la suposición de que los atunes comúnmente no tratan de escaparse bajo la red cuando el fondo de la red se encuentra en una fuerte termoclina o debajo de ésta, debido a las temperaturas bajas y a los niveles bajos de oxígeno allí encontrados.

En toda el ARCAA las temperaturas en la parte superior de la capa mixta son casi siempre superiores a 23°C en las zonas en las que se captura atún aleta amarilla. En la parte más oriental del ARCAA la isoterma de 23°C se encuentra frecuentemente en el primer tercio de la termoclina (zona subsuperficial en donde las temperaturas se reducen rápidamente). La isoterma de los 15°C se localiza cerca al fondo de la termoclina en donde las temperaturas empiezan a cambiar lentamente con la profundidad. La distancia vertical entre las superficies de los 23°C y 15°C es inversamente proporcional a la fuerza de la termoclina.

Los datos de los batitermógrafos durante el período de 1970 a 1980, fueron analizados y se compararon con los datos de la captura y el esfuerzo del atún aleta amarilla. En algunos meses cuando no se tenían suficientes observaciones del batitermógrafo, se estimaba la profundidad de las isotermas de los 23°C y 15°C, según las relaciones anteriormente establecidas con las temperaturas del aire y de la superficie del mar (TSM) y la velocidad del viento.

Se calcularon los índices de captura del aleta amarilla (toneladas por hora del tiempo de búsqueda) según los datos de bitácora que proporcionaron el tiempo de búsqueda de más de 21,300 lances realizados sobre cardúmenes de aleta amarilla y 15,500 lances realizados sobre cardúmenes de aleta amarilla asociado con delfines en el ARCAA durante el período sin reglamentar de enero a junio. En la mayoría de los años no hubo en los dos últimos trimestres suficientes lances sobre cardúmenes de aleta amarilla entre los barcos individuales en el ARCAA que pudieran suministrar significativamente más datos sobre los índices de captura. Se emplearon casi todos los viajes de pesca en los que se efectuaron dos o más lances en el ARCAA entre los 20°N y el ecuador en el mismo mes y zona de 5 grados, y se calculó el promedio de los índices de captura por mes y zona de 5 grados. El método estadístico del Análisis Discriminante fue usado para probar si existía o no una asociación significativa entre los índices de captura del atún aleta amarilla y la profundidad de las isotermas de 23°C y 15°C. Los índices de captura

se dividieron en tres categorías: <1.7, 1.7-2.7 y >2.7 toneladas por hora. Se seleccionaron tres profundidades de la isoterma de 23°C, basados en estudios anteriores que relacionaban las capturas de los cardúmenes de peces (aleta amarilla sin delfines) con las profundidades de la isoterma de 23°C. Además, en cada categoría de la profundidad de la isoterma de 23°C, se obtuvieron profundidades de la isoterma de los 15°C, los gradientes verticales de la profundidad (la diferencia en profundidad entre las isotermas de 23°C y 15°C) y las TSM. Las profundidades de la isoterma, los gradientes y las TSM formaron los parámetros ambientales empleados como discriminantes en el análisis estadístico. Según estos tres grupos de los índices de captura y de los parámetros asociados discriminatorios, se encontró una función discriminante.

Una prueba del ji-cuadrado ( $\chi^2 = 260$ ) reveló un grado elevado de asociación entre los índices de captura y la profundidad de la isoterma de 23°C. La profundidad de la isoterma de 23°C fue el único discriminador favorable de todos los parámetros y fue muy significativo ( $P < 0.001$ ). Además de la profundidad de la isoterma de 23°C, el único discriminador significativo fue el gradiente de profundidad que era una medida de la fuerza de la termoclina. Con el fin de examinar la eficacia de la función derivada para distinguir entre los tres índices de captura, todos los casos (400 meses y zonas de 5 grados) en el estudio de los cardúmenes de atún aleta amarilla se volvieron a clasificar con la función discriminante. Los resultados se presentan en la Tabla 27. En todos los casos combinados, se colocó el 67.7% en la categoría correcta del índice de captura. Los discriminadores de la profundidad indicaron respectivamente la mayor eficacia (74%) y (70%) en la colocación de los índices pequeños de captura (<1.7 tonelada/hora de búsqueda) y los índices elevados de captura (>2.7 toneladas/hora de búsqueda). En cuanto a los índices medianos de captura (1.7 a 2.7 toneladas/hora de búsqueda) se volvieron a clasificar correctamente cerca del 59% de los casos. Se realizó, además, un análisis discriminatorio con 551 casos de capturas de atún aleta amarilla asociados con delfines. Sin embargo, los resultados, indicados en la Tabla 28, fueron marcadamente diferentes a los de aquellos lances de cardúmenes de aleta amarilla sin delfines. En este estudio el discriminador dominante fue al gradiente de la profundidad vertical (fuerza de la termoclina). La TSM fue un discriminante débil y las profundidades de las isotermas de 23°C y 15°C fueron discriminantes significativos. En todos los casos, se clasificó correctamente el 58.3% con una función discriminante basada en los gradientes de la profundidad vertical y en las TSM como discriminantes. En los índices grandes y pequeños de captura, se clasificó correctamente el 69% en cada categoría. No se demostró ninguna capacidad en distinguir los índices medianos de captura con los parámetros ambientales que se tenían. Los resultados preliminares de las pruebas similares estadísticas que se utilizan para analizar los índices de la captura del barrilete, indicaron que solo había una débil relación entre los índices de captura y la profundidad de las isotermas de 23°C y 15°C.

Estos análisis, basados en la recolección de datos de 11 años, apoyan la hipótesis de que los cardúmenes de atún aleta amarilla son más vulnerables,

disponibles o ambas cosas a la pesca con cerco cuando el fondo de la red cuelga en una fuerte termoclina o debajo de ésta. Estos resultados indican que la estructura de la temperatura vertical o las propiedades relacionadas como son las concentraciones de oxígeno o una combinación de éstas, pueden determinar el espesor del hábitat del que pueden disponer los atunes aleta amarilla.

En el Informe Anual de la Comisión de 1980, se examinaron otros factores que pueden influir también en el índice de captura del atún aleta amarilla y que no son ambientales.

### **CONDICION DE LAS POBLACIONES DE ATUN EN 1981 Y PERSPECTIVAS EN 1982**

Los investigadores de la Comisión del Atún tienen la responsabilidad de vigilar las fluctuaciones en la abundancia de los atunes tropicales en el Océano Pacífico oriental y determinar las consecuencias que tiene la intervención del hombre sobre su abundancia. La información científica obtenida cada año por los investigadores se utiliza para recomendar la conservación de estas especies y se presenta oralmente y mediante documentos básicos en las reuniones de la Comisión. Con el fin de divulgar esta información se compendia en este informe anual.

#### **ATUN ALETA AMARILLA**

La condición del atún aleta amarilla se calcula mediante la aplicación de modelos generales de producción y de la estructura de la edad. Si se consideran primero los modelos generales de producción, cuando una población de peces no ha sido expuesta a la pesca se encuentra en su óptima magnitud según lo permiten las condiciones ambientales. La falta de alimento, de espacio habitable conveniente, la presencia de depredadores, etc., impide que la población se desarrolle más allá de ese máximo. Se dice que la población está en equilibrio cuando el aumento de la población mediante el reclutamiento y el crecimiento se compensa a la larga por la pérdida debida a la mortalidad natural. Puede que haya años en que las condiciones ambientales sean especialmente favorables y la población sea superior a lo normal y años en que las condiciones ambientales son especialmente pobres, en los que la población es inferior a lo normal, pero éstos se pueden temporalmente ignorar en este análisis.

Si una o más embarcaciones pesqueras empiezan a pescar sobre la población, la captura por unidad de esfuerzo (por ejemplo, la captura por día de búsqueda), que se supone sea proporcional a la magnitud de la población sería inicialmente bastante elevada, ya que la población estaría al máximo. El aumento de la población seguiría no solamente la mortalidad natural, pero también la mortalidad por pesca. Por consiguiente, se reduciría la población. Debido a esta reducción, los índices del reclutamiento, crecimiento o de la mortalidad natural cambiarían,

excediendo la ganancia de los dos primeros la pérdida del último. Si las embarcaciones cesaran de pescar, esta ganancia neta causaría que la población aumentara paulatinamente a su magnitud original. A medida que la población se aproxima a esa magnitud, los índices de reclutamiento, crecimiento o de la mortalidad natural se aproximarían gradualmente a los niveles anteriores, hasta llegar a ser iguales a los de antes del comienzo de la pesca. En esta forma se recuperaría el equilibrio de la población a su máxima magnitud. Sin embargo, si las embarcaciones continúan pescando al mismo nivel, la población eventualmente llegaría a equilibrarse con diferentes índices de reclutamiento, crecimiento o mortalidad natural alcanzando la población una magnitud inferior a la magnitud original de la misma. La captura por unidad de esfuerzo (CPUE) seguiría siendo proporcional a la magnitud de la población. Si solo hubiera unas pocas embarcaciones, la magnitud de la población se reduciría solo un poco y la CPUE sería relativamente elevada, pero si hubiera varios barcos se reduciría considerablemente la población y la CPUE sería muy inferior.

La captura total sería el producto de la CPUE y del esfuerzo total. Si el esfuerzo de pesca fuera relativamente bajo, el poco aumento del esfuerzo compensaría aún más las reducciones correspondientes a la CPUE, lo que daría como resultado mayores capturas, pero este no sería del caso si se aumenta el nivel del esfuerzo. A cierto nivel intermedio del esfuerzo el producto estaría a su máximo. Si el objetivo de la administración es obtener un promedio máximo constante de producción (PMCP) de peces (que es el objetivo declarado en el convenio de la Comisión) el esfuerzo de pesca debe mantenerse a ese nivel. Si el objetivo es una ganancia máxima, el esfuerzo debe ser algo inferior (suponiendo que el precio permanezca constante) y si el objetivo es que haya un empleo máximo de pescadores, el esfuerzo debe ser algo más elevado. Si el esfuerzo es inferior a cualquier óptimo seleccionado, se diría que la población ha sido subexplotada y si el esfuerzo es superior a ese óptimo se diría que la población ha sido explotada excesivamente.

Es más fácil considerar las relaciones recíprocas del esfuerzo, la captura y de la CPUE en condiciones equilibradas, pero debe reconocerse que no existen siempre tales condiciones. Por ejemplo, si la población se encuentra en equilibrio cerca al máximo y se aumenta de repente el esfuerzo, la CPUE se reduciría gradualmente durante un período antes de alcanzar un nuevo punto de equilibrio con una CPUE muy baja. Las capturas serían superiores durante el período de transición que en el nuevo punto de equilibrio. De la misma manera, si la población se encuentra en equilibrio a un nivel bajo y se disminuye de repente el esfuerzo, la CPUE aumentaría gradualmente durante un período antes de alcanzar un nuevo punto de equilibrio con una CPUE superior. Las capturas serían inferiores durante el período de transición de lo que serían en el nuevo punto de equilibrio.

Se pregunta si los modelos generales de producción son o no aplicables a la pesca del aleta amarilla en el Area Reglamentaria de la Comisión del Atún Aleta Amarilla (ARCAA) (Figura 1). Si lo son, el aleta amarilla que habita el ARCAA

debe pertenecer a una población separada, es decir, debe existir relativamente poco intercambio entre estos peces y aquellos de la zona fuera del ARCAA. Si estos modelos son aplicables, este hecho puede solo descubrirse (1) si las perturbaciones causadas por las fluctuaciones de las condiciones ambientales no son tan grandes como para ocultar los cambios en la abundancia aparente causados por las fluctuaciones del esfuerzo de pesca y (2) si se tienen datos de la captura, esfuerzo y de la CPUE en una amplia escala de niveles del esfuerzo de pesca que incluyan preferiblemente niveles superiores al esfuerzo óptimo.

Se ha estudiado el grado de intercambio que existe entre el aleta amarilla que habita el ARCAA y el que vive en la zona exterior y los resultados han sido examinados en informes anuales anteriores de la Comisión. En resumen, los resultados indican que existe alguna entremezcla de peces en el ARCAA y fuera de la misma, pero esto probablemente no es suficiente para anular el empleo del modelo. Los efectos de las condiciones ambientales han sido también estudiados y examinados anteriormente en los informes anuales. Hasta donde puede determinarse, estos efectos se compensan los unos a los otros durante breves períodos, así que pueden ignorarse en su mayoría sin invalidar el uso del modelo.

El modelo se empleó primero en los datos de la captura, el esfuerzo y de la CPUE de las embarcaciones de carnada durante el período de 1934-1955, lo que suministró un amplio margen de esfuerzo óptimo. Estos datos indicaron que en los límites del esfuerzo pesquero del que se tenía datos, la población se adaptaba al modelo. En 1960 y 1961, el esfuerzo, por primera vez, fue superior al óptimo y la población reaccionó en los años siguientes con capturas y CPUE inferiores, lo que indicó aún más que se podía aplicar el modelo.

Se ha mencionado el esfuerzo, pero hasta ahora no se ha hablado sobre el hecho de que existen varias clases de esfuerzo, es decir, el esfuerzo de las embarcaciones de carnada, de los cerqueros y palangreros, además del esfuerzo realizado por embarcaciones con diferentes capacidades de acarreo. En la mayoría de los casos no pueden sencillamente combinarse las diferentes clases de datos sobre el esfuerzo. Existen dos opciones. Primero, se pueden considerar solo los datos de una clase de arte, comúnmente la más predominante. Esta se llamará clase normal. La captura total de todas las clases de arte, dividida por la CPUE de la clase normal, suministrará una estimación de todo el esfuerzo en unidades de la clase normal. Segundo, se puede determinar la eficacia de cada clase de arte con relación a la de la clase normal y puede obtenerse el esfuerzo normalizado de cada clase al ajustar los datos brutos del esfuerzo por el factor apropiado. Luego pueden sumarse los datos brutos del esfuerzo de la clase normal de arte y los datos del esfuerzo normalizado de las otras clases para obtener el esfuerzo total normalizado. El personal de la Comisión ha empleado la primera opción y varias combinaciones de las otras dos opciones. Se calcula respectivamente el esfuerzo normal y no normal en días de pesca y en días normalizados de pesca, y la correspondiente CPUE es la captura por día de pesca (CPDP) y la captura por día normal de pesca (CPDNP).

En la década de los cincuenta se seleccionó la clase 3 de arqueo (barcos con capacidades de 101 a 200 toneladas) como la clase normal de las embarcaciones cerqueras porque en esa época los cerqueros de la clase 3 de arqueo capturaban más atunes que los cerqueros de cualquier otra capacidad. Desde ese tiempo se han construido muchos cerqueros de gran porte y varios de los pequeños han zozobrado o no están activos. Los barcos de gran porte pescan en todas las zonas, en cambio los pequeños pescan en su mayoría a unos pocos centenares de millas de la costa y tienen la costumbre de pescar más en los extremos norte y sur del radio de distribución del aleta amarilla y menos en la zona entre la parte meridional de México y Colombia. La normalización implica la comparación de la CPDP de las embarcaciones de diferentes clases de arqueo cuando están pescando en el mismo estrato de zona y tiempo. Cuando no se encuentran datos de la clase 3 de arqueo en un estrato zona-tiempo, se emplean los datos de la clase 6 de arqueo y el resultado neto es casi igual a la normalización a la clase 6 de arqueo de las embarcaciones.

La pesca antes de mediados de los años sesenta se realizaba solamente en la región del ARCAA cercana a la costa y en los alrededores de unas pocas islas y barcos. Sin embargo, a mediados y fines de la década de los sesenta, la flota pesquera empezó a aumentar en magnitud pescando más lejos fuera de la costa. Las zonas de bajura y altura, denominadas respectivamente zonas A1 y A2, se presentan en la Figura 42. Si el intercambio de peces entre estas dos zonas es instantáneo, el PMCP de las dos zonas combinadas será igual solo al de la zona A1, pero si no hay intercambio, el PMCP de las dos zonas combinadas sería la suma de los PMCP individuales de las dos zonas. Los estudios han demostrado que existe relativamente un intercambio lento de peces entre las dos zonas, así que el PMCP de toda el ARCAA es superior al de la zona A1, pero inferior a la suma de los PMCP individuales. Estos estudios se describen más detalladamente en informes anuales anteriores de la Comisión.

Se necesitan datos de varios años que abarquen una amplia distribución del esfuerzo con el fin de establecer los valores del PMCP y del correspondiente esfuerzo y de la CPUE. En 1968, después de que fue evidente que la estimación del PMCP calculado para la zona A1 no era aplicable a toda el ARCAA, los delegados autorizaron al personal para que emprendiera un programa experimental de sobrepesca con el fin de poder obtener tan pronto como fuera posible una estimación del PMCP en el ARCAA. Esto fue necesario debido a que el esfuerzo había sido relativamente constante durante los pocos años en los que se había extendido la pesca mar afuera. Cuando se excedan los niveles óptimos del esfuerzo se reducirá la captura o al menos no aumentará. Se podría entonces reducir el esfuerzo para aumentar eventualmente la captura (suponiendo que se había reducido anteriormente) y así sucesivamente, hasta poder obtener una estimación lo suficientemente buena del PMCP. Sin embargo, esto toma demasiado tiempo ya que la población no reacciona instantáneamente a los cambios en el esfuerzo de pesca y también a que las perturbaciones causadas por los factores ambientales dificultan aún más la interpretación de los resultados. El programa experimental de la sobrepesca permaneció vigente hasta 1979.

Se examinará ahora la condición actual del aleta amarilla en el Océano Pacífico oriental, según ha sido determinada por el análisis de los modelos generales de producción. Existen varios factores que no han sido mencionados en este informe que afectan aparentemente el modelo. Estos han sido examinados en informes anuales de la Comisión, así que no se mencionarán de nuevo. Debido a la naturaleza complicada de la pesca y a los rápidos cambios ocurridos en los últimos años, se han realizado bastantes experimentos en la selección y preparación de los datos y procedimientos matemáticos que se han de emplear en el análisis de los datos de captura, esfuerzo y CPUE. Solo se discuten los dos métodos a los que se les ha dado más importancia. Se empleó para ambos métodos el modelo logístico, mediante el cual se supone que la relación del equilibrio entre la captura y el esfuerzo es lineal. En la Tabla 29, se enumeran las cuotas y la captura, además de los datos de la CPUE del ARCAA y de la zona exterior de la misma desde 1967 a 1981. La CPDNP y la CPDP de los barcos de gran porte se presentan en los dos recuadros de la Figura 43.

En el primer análisis (1 caso) se normalizó el esfuerzo a días de la clase 3 de arqueo de los cerqueros. Se emplearon solo los datos de 1967 a 1981, ya que antes de 1967, el esfuerzo de pesca no se encontraba tan esparcido sobre el ARCAA como más tarde; además, en los primeros años estaban ocurriendo cambios importantes en la eficacia de las embarcaciones cerqueras. Se estima que el PMCP sea 175 mil toneladas y el esfuerzo necesario para capturar esta cantidad en condiciones de equilibrio es de unos 52 mil días de la clase 3 de arqueo. La curva de la producción equilibrada y los puntos observados que representan la captura y el esfuerzo sin equilibrar se presentan en el recuadro superior de la Figura 44. Casi todos los puntos aparecen sobre la línea. No es inesperada la aparición de la mayoría de los puntos sobre la línea, ya que ésta representa los niveles de captura que se obtendrían en condiciones equilibradas y durante el período mencionada se estaba aumentando el esfuerzo anual reduciendo, por consiguiente, la población acumulada, al capturar cantidades de peces en exceso a la producción neta, producida por el reclutamiento, más crecimiento, menos mortalidad natural. No se puede esperar que la captura permanezca indefinidamente al nivel actual, si el esfuerzo continúa aumentado cada año, ya que si no se invierte esta tendencia, eventualmente se reducirá la población, hasta el punto en que la captura disminuirá sin importar que tanto esfuerzo se aplique.

En el segundo análisis (2 caso) se empleó la CPDP de la clase 6 de arqueo de los cerqueros (más de 400 toneladas de capacidad) como medida de la CPUE. Esto se hizo primero porque se ha observado que la CPDP de los barcos de gran porte se ha reducido más en los últimos años que la de los cerqueros de pequeño porte. Como los grandes barcos pescan en más zonas del Océano Pacífico oriental y obtienen una porción mayor de la captura que los barcos pequeños, existe la posibilidad que al usar solo los datos de la clase 6 de arqueo se produzcan diferentes estimaciones de los parámetros. Además, la CPDP de la clase 6 es más significativa para los representantes de la industria pesquera y los pescadores de



hoy día. Se emplearon solo los datos de 1968 a 1981. La curva de la producción equilibrada y los puntos observados que representan la captura y el esfuerzo no equilibrados se presentan en el recuadro inferior de la Figura 44. En este caso se estima de nuevo el PMCP en 175 mil toneladas y el esfuerzo necesario para capturar esta cantidad en condiciones equilibradas es de unos 22 mil días de la clase 6 de arqueo.

En cada uno de estos dos análisis se estima que el PMCP es de unas 175 mil toneladas, lo mismo que se estimó en los años anteriores. En cada caso los puntos de 1976-1981 se sitúan hacia la derecha del punto máximo de la curva, lo que indica con relación a estos análisis que el esfuerzo ha excedido la cantidad necesaria para alcanzar el PMCP. En el Informe Anual de 1978, se indicó que si el esfuerzo se mantiene en los próximos años al nivel de 1976-1978, podría presentarse uno de los dos casos. Primero, podría reducirse la captura, lo que indicaría que la población del aleta amarilla cambiaría probablemente a consecuencia de la pesca como se pronosticó en el modelo general de producción. Segundo, la captura puede permanecer aproximadamente constante. Si este es el caso, puede indicar ya sea que las estimaciones de los parámetros del modelo son defectuosos o que a consecuencia de la pesca la población del atún aleta amarilla, de acuerdo al modelo general de producción, no se cambia al lado de la curva de la sobrepesca. Aunque solo se tienen datos de otros tres años desde que se preparó el Informe Anual de 1978, éstos suministran información útil. En 1979, aumentó el esfuerzo, pero la captura permaneció casi igual a las de 1974-1978. En 1980 y 1981, el esfuerzo permaneció aproximadamente igual al de 1977 y 1978, pero se redujo la captura. Esto indica que el modelo sigue sirviendo razonablemente bien al describir la dinámica de la población. Si el esfuerzo en 1981 es igual al de 1977-1978, o superior al de esos años y la captura de nuevo es inferior a lo que fue en 1974-1978, esto indicaría que la curva descende con un esfuerzo de más de 20 a 25 mil días de la clase 6 de arqueo, como lo indica la curva sólida en el recuadro inferior de la Figura 44, en lugar de permanecer aproximadamente nivelada, como se presenta mediante la curva a puntos en el mismo recuadro de la misma figura.

La entrada de los datos en los modelos de la estructura de la edad está formada por las estimaciones del reclutamiento, crecimiento y de la mortalidad natural y por pesca. Los estimativos de los índices de crecimiento y la mortalidad se obtienen mediante el análisis de los datos sobre la composición de talla de los peces en la captura, complementados por los datos de la devolución de marcas y otros datos de varias clases. El personal de la Comisión ha obtenido desde 1954, datos sobre la composición de talla de las capturas del aleta amarilla y barrilete en el Océano Pacífico oriental y ha tenido además, acceso a datos análogos obtenidos en 1951-1954, por el California Department of Fish and Game.

El análisis de la estructura de la edad que se emplea más comúnmente, es el modelo del rendimiento por recluta. Si una generación sin explotar de juveniles o de peces jóvenes adultos se encuentra en una zona, su peso total aumenta a medida que los peces crecen rápidamente, mientras que las pérdidas debidas a la

mortalidad natural son moderadas. Más tarde, sin embargo, cuando los peces envejecen, el índice de crecimiento es más lento, mientras la mortalidad natural continúa siendo moderada. Así que las pérdidas con relación al peso total debidas a la mortalidad natural, en esa época, son superiores a las ganancias debidas al crecimiento y hay una pérdida neta con relación al peso total. Eventualmente, la generación desaparece. La forma ideal para obtener el rendimiento máximo en peso de una generación de peces sería la de pescar cada pez justamente antes de que muriera debido a causas naturales. Claro está que esto es imposible. La mejor opción, después de esto, sería capturar todos los peces que no han muerto antes de que alcancen la edad o talla ("edad crítica" o "talla crítica") en la que la pérdida con relación al peso total debido a la mortalidad natural, compense exactamente la ganancia proveniente del crecimiento. Esto es posible en algunos animales, como son las ostras o almejas que están expuestas a la marea baja y por lo tanto pueden capturarse allí fácilmente. Cuando el encargado de un banco de ostras o almejas lo vigila a intervalos frecuentes y saca los ejemplares que han alcanzado la talla crítica, esta labor produce una cantidad ilimitada de mortalidad por pesca de los animales que han alcanzado esa talla. Es evidente que esta opción no es práctica con respecto a la mayoría de las especies de peces.

Parece, instintivamente, que si no es posible la segunda opción, se debe realizar al principio la pesca sobre peces que no han aún alcanzado la talla crítica. Esta es la tercera opción y la única práctica con referencia a la mayoría de las especies de peces. Se supone, por el momento, que la edad de entrada (es decir, la edad correspondiente a la talla mínima de los peces capturados) puede controlarse eficazmente. Si el esfuerzo de pesca es elevado, se seleccionaría una edad de entrada solo un poco inferior a la edad crítica y el rendimiento sería casi tan alto como sería bajo en la segunda opción. Si el esfuerzo de pesca es más bajo, se seleccionaría una edad de entrada considerablemente inferior a la edad crítica, los peces capturados exhibirían una amplia fluctuación de edades y tallas, y el rendimiento sería considerablemente inferior a lo que sería bajo la segunda opción (pero seguiría siendo el máximo posible sin aumentar el esfuerzo).

Sin embargo, puede que no sea posible controlar eficazmente la edad de entrada. Si es así, la única manera de administrar la pesca es controlando el esfuerzo. Si la edad de entrada es superior a la edad crítica, se puede permitir un esfuerzo ilimitado, pero si la edad de entrada es inferior a la edad crítica, la limitación del esfuerzo podría aumentar el rendimiento.

Se necesitan las estimaciones confiables del crecimiento y la mortalidad natural para calcular la talla y la edad crítica. Las estimaciones obtenidas por el personal de la Comisión para el aleta amarilla, especialmente las de la mortalidad natural, no son tan confiables como se desearía, pero se estima que la talla crítica es aproximadamente de 111 cm (62 libras). La mayoría de los peces capturados por la pesca con carnada son considerablemente inferiores a la talla crítica. Cuando la mayor parte de la flota atunera fue reacondicionada de la pesca con

carnada a la pesca con redes de cerco a fines de los años cincuenta y al comienzo de los sesenta, el promedio de talla de los peces en la captura aumentó, siendo muchos de ellos aproximadamente iguales o más grandes que la talla crítica. El promedio anual de captura del aleta amarilla ha sido considerablemente superior después del período del reacondicionamiento a cerqueros que durante el período anterior. Como se indicó antes, la expansión mar afuera de la pesca a mediados y fines de los años sesenta fue un factor importante en el aumento de las capturas, pero el incremento en el promedio de talla de los peces capturados, puede haber sido en parte responsable por el aumento.

No se ha mencionado, hasta ahora, que se debe permitir la reproducción, al menos, una vez, de algunos de los ejemplares de una generación de peces antes de que se capturen. Si el desove ocurre mucho antes de que el pez alcance la talla crítica, probablemente no hay peligro desde ese punto de vista, pero si el desove no ocurre sino después de que el pez ha alcanzado la talla crítica y el esfuerzo de pesca es elevado, existe la posibilidad de que el número de reproductores se reduzca tanto, que el reclutamiento se reduciría también en los años siguientes. (No se debe, sin embargo suponer que una modesta reducción de reproductores disminuiría el reclutamiento en los próximos años, ya que éste no es el caso de la mayoría de las especies de peces). El modelo del rendimiento por recluta, como se describe aquí, no toma en cuenta la posibilidad de una reducción en el reclutamiento, pero éste forma parte integral de los modelos generales de producción.

Además, no se ha mencionado que el crecimiento de un pez individual puede ser más lento o que el índice de la mortalidad natural pueda ser mayor cuando una población de peces es densa que cuando no lo es. Por consiguiente, la pérdida debida a la captura de algunos peces de una talla inferior a la talla crítica puede al menos compensar parcialmente el rápido crecimiento o la poca mortalidad natural del resto de los peces. Además, si los índices de crecimiento o mortalidad natural se encuentran afectados por la densidad de la población, la talla y la edad crítica han de variar de acuerdo a la densidad de la población. Tampoco se considera este problema en el modelo del rendimiento por recluta, conforme se describe aquí, pero forma parte integral de los modelos generales de producción.

El objetivo administrativo que se ha de lograr de acuerdo al análisis del modelo del rendimiento por recluta es obtener el rendimiento máximo por recluta. En la Figura 45 se presenta la relación estimada entre la talla de entrada, el esfuerzo de pesca y el rendimiento por recluta. Varias de las combinaciones del esfuerzo de pesca y de la talla de entrada producen varios rendimientos por recluta, los que se indican mediante curvilíneas. El recuadro superior se basa en los índices de la mortalidad por pesca a edad específica, estimados según los datos frecuencia-talla, obtenidos durante el período de 1968-1972, y un índice instantáneo de la mortalidad natural de 0.8; el recuadro del medio está basado en los índices de la mortalidad por pesca a edad específica, estimados según los datos frecuencia-talla de 1973-1978, y el mismo índice instantáneo de la mortalidad

natural; el recuadro inferior es igual al superior, excepto que se substituye el índice instantáneo de la mortalidad natural por 0.6. Se cree que la estimación más probable sea de 0.8, pero se incluye la de 0.6 para determinar qué tanto más alta debe ser la edad de entrada si el índice de la mortalidad natural es más bajo. Los valores en la escala horizontal son múltiplos del esfuerzo de pesca durante los años de que se trata, es decir, 0.5, 1.0 y 2.0 en el recuadro superior representan los valores del esfuerzo, la mitad de, igual a y el doble de los valores actuales del esfuerzo de 1968 a 1972. El peso aproximado de las capturas de cada grupo de edad correspondiente a un multiplicador de 1.0 se presenta en la esquina superior izquierda de cada recuadro. En todos los tres recuadros, el rendimiento por recluta aumenta a 1.0 con el incremento de los multiplicadores del esfuerzo, sin miras a la talla de entrada. Con multiplicadores de más de 1.0 el rendimiento por recluta permanece casi igual con tallas menores de entrada, pero continúa aumentando con tallas mayores de entrada. Con excepción de los niveles del esfuerzo que son aproximadamente inferiores a la mitad del esfuerzo actual correspondiente, el rendimiento por recluta aumenta con el incremento de la talla de entrada. En el recuadro superior, por ejemplo, la talla óptima de entrada es de unas 15 libras con un multiplicador de 1.0 y de unas 30 libras con un multiplicador de 2.0. Los rendimientos por recluta, correspondientes son respectivamente 5.3 y 6.7 libras. En el recuadro superior, con una cantidad infinita de aumento en el esfuerzo, la talla óptima de entrada sería de 62 libras, la talla crítica y el rendimiento por recluta sería 7.6 libras.

Antes de 1973, la pesca había maniobrado sobre peces que en promedio eran más grandes, siendo la mayoría de la captura de peces de 2, 3 y 4 años. Sin embargo, después de esa época, la pesca cambió a tallas más pequeñas, consistiendo la mayoría de la captura de peces de 1 y 2 años de edad. Esto se presenta en el recuadro superior y del medio de la Figura 45. Usando un multiplicador de 1 de la mortalidad por pesca y una talla de entrada de 7 libras, el rendimiento actual por recluta, según se estima en el recuadro del medio de la Figura 45, es de unas 4.4 libras. Con la misma intensidad de pesca y talla de entrada, pero con la composición de talla indicada en el recuadro superior de los años anteriores a 1973, el rendimiento por recluta correspondiente es de unas 5.2 libras. Esto indica que si se regresa a una composición de talla similar a la de la pesca anterior a 1973, se produciría un aumento significativo en el rendimiento.

La descripción anterior incluye la suposición implícita de que si se altera la edad de entrada el esfuerzo de pesca no cambia. Este sería el caso si la pesquería maniobrara de la siguiente manera. Primero, cuando la edad de entrada fuera baja, las embarcaciones buscarían cardúmenes de peces y encontrarían algunos formados por pequeños peces y otros con grandes peces y realizarían lances sobre ambos. Más tarde, cuando se aumentara la edad de entrada, los barcos buscarían en la misma forma de antes, pero solo harían lances en cardúmenes con grandes peces. Por consiguiente, el esfuerzo dirigido hacia los grandes peces sería igual en el segundo período que en el primero. Sin embargo, se cree que si por alguna razón la edad de entrada del aleta amarilla se aumentara, los pescadores tratarían

de buscar menos en los estratos de tiempo y zona que tuvieran preponderancia de peces pequeños y más en aquellos que tuvieran preponderancia de peces grandes, así que el esfuerzo de pesca aumentaría sobre los grandes peces. En general, ésto probablemente aumentaría el rendimiento por recluta.

Además de los estudios del modelo del rendimiento por recluta, el personal de la Comisión ha realizado un análisis detallado sobre las generaciones. Una generación está formada por todos los peces reclutados al mismo tiempo en la pesca, como la generación (grupo) X70 que entró primero en pequeñas cantidades a la pesca durante el primer semestre de 1970 y contribuyó significativamente a ella por primera vez durante el segundo semestre de ese año, y la generación Y70 que entró por primera vez en pequeñas cantidades a la pesca en el segundo semestre de 1969 y contribuyó significativamente por primera vez a ella en el primer semestre de 1970. Se ha estimado que las generaciones X e Y tienen en promedio la misma magnitud.

Además de la interpretación del significado de los resultados, el análisis de las generaciones consiste en el cálculo de las cantidades y peso de los peces de uno o más grupos en el momento del reclutamiento y luego a varios intervalos, y en las cantidades y peso de los peces que son capturados y que mueren durante cada intervalo. La información necesaria de tales análisis incluye la cantidad y el peso promedio de los peces de cada generación en la captura, una estimación del índice de la mortalidad natural (o las estimaciones de una serie de índices si la mortalidad natural no es constante en los peces de diferentes edades) y una estimación del índice de la mortalidad por pesca, al menos en un intervalo de captura. Todos estos cálculos se obtienen del análisis de los datos de las estadísticas de captura y de la frecuencia de talla que incluyen, como primera fase, la asignación a grupos o generaciones de los peces en la captura. Los resultados de estos análisis no son tan precisos como se desearía porque aunque los peces de los diferentes grupos pueden distinguirse fácilmente los unos de los otros cuando son jóvenes, es cada vez más difícil a medida que crecen, así que probablemente se asignan los peces más viejos a generaciones erradas. Por lo tanto, no solo las estimaciones de las capturas de los peces de cada generación son menos precisas de lo que se desearía, pero las estimaciones de los índices de mortalidad son en cierta forma crudas. Se emplea específicamente una estimación de 0.8 para el índice anual instantáneo de la mortalidad natural (equivalente a un índice anual del 55 por ciento), pero se sospecha que este índice varía con la edad, siendo superior para los peces más jóvenes e inferior para los más viejos. Además, la vulnerabilidad de los peces en la captura varía de acuerdo a la edad, zona, temporada, tiempo y otras circunstancias y ésto presenta "variación" y posiblemente también error (sesgo), en los cálculos.

Se han analizado las generaciones de las temporadas de 1965 a 1981. Se estimaron diferentes índices "iniciales" de la mortalidad por pesca en los trimestres en que se explotaron por última vez diferentes grupos, basados en las fluctuaciones del esfuerzo de una temporada a otra. Además, con fines

comparativos se hicieron los cálculos de todos los grupos con índices iniciales más elevados y bajos que aquellos considerados como los mejores estimativos. Los resultados indicaron que estos índices iniciales pueden influir en las conclusiones generales, especialmente con referencia a las condiciones actuales de la población.

Los resultados, al emplear las “mejores” estimaciones de la mortalidad procedentes de los diferentes índices de pesca en el trimestre inicial, se presentan en la Tabla 30. Cuando se emplea esta tabla es evidente el promedio estimado, en cantidades de peces, de cualquier grupo o generación de la población. Por ejemplo, en el grupo X68, el promedio fue de 23,519,000 peces de 1 año en el primer trimestre de ese año y la población de ese grupo tuvo respectivamente en el segundo, tercero y cuarto trimestre de ese año un promedio de 19.3, 15.6 y 12.4 millones de peces (línea de 1968, 1 columna). En 1969, el promedio de la población de peces de 2 años de ese grupo fue respectivamente del primero al cuarto trimestre 9.9, 7.5, 5.9 y 4.8 millones de peces (línea de 1969, II columna) y así sucesivamente. El promedio de la cantidad de peces de 1, 2, 3 y 4 años de edad de los cuatro grupos X (1968, 1967, 1966 y 1965) fue respectivamente en el primer trimestre de 1968, 23.5 millones, 8.3 millones, 3.6 millones y 0.1 millones (línea de 1968). Esta situación es igual para los grupos Y que para los grupos X, excepto que existe una columna 0 de los peces más jóvenes, ninguno de los que se supone sea capturado antes del tercer trimestre del año. En la Tabla 30 se presenta también una columna V+, que incluye los peces de más edad que no pueden asignarse a ninguno de los grupos, y se obtuvo indirectamente la magnitud de la población según los datos de captura y las estimaciones de mortalidad de los peces más jóvenes. Se supone que la mitad de éstos pertenece a los grupos X y la mitad a los grupos Y.

El número de reclutas de cada grupo (es decir, la cantidad promedio de los trimestres iniciales) se enumera en la Tabla 31. Los promedios anuales de los grupos X e Y son casi iguales, 25 millones para el grupo Y y 22 millones para el grupo X. La variabilidad entre los años es superior en el grupo Y (3.6) que en el grupo X (2.2) y la de los datos combinados (2.5) es intermedia. Aunque el reclutamiento es variable no existe una tendencia evidente del reclutamiento sobre el tiempo.

Se estimó que el peso promedio de los peces en cada trimestre, comenzando con el trimestre en que se reclutan en la pesca es:

<u>Trimestre</u>	<u>Peso promedio</u>	<u>Trimestre</u>	<u>Peso promedio</u>	<u>Trimestre</u>	<u>Peso promedio</u>
1	4.0	7	27.0	13	98.0
2	5.6	8	36.1	14	111.1
3	8.0	9	45.0	15	122.0
4	10.2	10	55.1	16	130.0
5	13.5	11	67.0	17	134.0
6	18.9	12	83.0	18	136.0
				19+	157.0

Estos valores se multiplicaron por los valores correspondientes de la Tabla 30 para calcular el promedio estimado anual de la biomasa (promedio total del peso durante cuatro trimestres) de cada grupo. Estos datos se presentan en la Figura 46. Es fácil ver la fuerza relativa de los varios grupos según esta figura. Por ejemplo, los grupos X74 e Y74 (líneas diagonales) fueron ambos relativamente fuertes, porque aunque hubo una gran captura de peces pequeños en 1974, su biomasa permaneció elevada en los años siguientes. El grupo Y73, por otra parte, fue solamente promedio, ya que después de haberse pescado fuertemente en 1973, su biomasa fue baja. El grupo X66 fue consistente, pero los peces no fueron fuertemente explotados cuando eran jóvenes, así que la biomasa de ese grupo fue elevada durante varios años después de 1966. En general, la biomasa de los peces más viejos ha sido inferior a mediados y fines de los años setenta que en los años anteriores.

En la Figura 47 se presenta el promedio trimestral y el promedio anual de las estimaciones de la biomasa de 1968 a 1981, de todos los peces, omitiendo su edad y de todos los peces del grupo Y que han estado en la pesca más de seis trimestres desde el reclutamiento, más todos los peces del grupo X que han estado en la pesca más de ocho trimestres desde el reclutamiento. No se presentan los datos de 1965-1967, ya que durante este período la pesca en el ARCAA seguía desarrollándose y las estimaciones de la biomasa de los grupos durante esos años tienen un sesgo descendente. En 1968-1971, el promedio de la biomasa total fue aproximadamente 350 mil toneladas. Esta estaba formada por una gran proporción de peces más viejos procedentes del reclutamiento de peces de 1966 y 1967, habiendo sido poco explotados como peces jóvenes. El reclutamiento inferior al promedio, junto con el aumento en los índices de explotación durante 1969-1972, dió como resultado una reducción en la biomasa durante 1972 y 1973, tanto de peces jóvenes como viejos. La poca biomasa de peces más viejos persistió durante 1974, en cambio la abundancia de peces más pequeños empezó a aumentar en ese año como resultado de una generación extremadamente grande de 1974. Se puede considerar esa generación como productora de la mayoría del aumento en la biomasa de grandes peces a fines de 1975, todo 1976 y principios de 1977. La captura más grande de aleta amarilla en la historia de la pesca se logró en 1976. El reclutamiento durante 1976 y 1977, inferior al promedio, junto con la fuerte explotación de los peces jóvenes desde 1973, dió como resultado una reducción en la biomasa tanto de peces jóvenes como viejos, alcanzando los niveles más bajos observados en la pesquería. Aunque el reclutamiento de 1978 y 1979, fue grande, excediéndolo solamente el de 1974, se capturaron tantos peces de 1 y 2 años de edad que no se espera que contribuyan mayormente a la pesca en 1981 ni en 1982. El reclutamiento en 1980 fue algo superior al promedio y las estimaciones preliminares del reclutamiento de 1981, indican que fue algo inferior al promedio.

Las capturas cerqueras de peces de los grupos X e Y, y de ambos grupos combinados, durante los 6 primeros meses de 1968-1981, se presentan en las Figuras 48 y 49. En la Figura 48 cada recuadro incluye las capturas de peces de

diferentes grupos en el mismo año, mientras que en cada recuadro de la Figura 49 se incluyen las capturas de peces del mismo grupo en diferentes años.

Al comparar estas cuatro figuras, las estimaciones anuales de la biomasa de los grupos X e Y (Figura 46), las estimaciones trimestrales de la biomasa total y de la biomasa de los grandes peces (Figura 47), y las capturas cerqueras obtenidas durante los 6 primeros meses de cada año por edad y grupo (Figuras 48 y 49) es evidente que las grandes capturas de peces pequeños en los últimos años han alterado la composición de edad en la población y la captura. Cada vez sobreviven menos individuos hasta alcanzar grandes tallas y el análisis del rendimiento por recluta examinado anteriormente, ha indicado que esto reduce probablemente la captura total. El análisis de los grupos corrobora esto y provee datos para cuantificar las diferencias. Se ha estimado toda la contribución aportada a la pesca por cada grupo X e Y durante su ciclo de vida en la misma. Las sumas de las capturas estimadas de los dos grupos que entran cada año han fluctuado de 121 mil toneladas en 1972 a un máximo de 268 mil toneladas correspondiente al grupo de 1974. Si no se hubiera explotado tanto la generación de 1974, durante su primer año en la pesca, hubiera contribuido aún más. La división de estas capturas por las estimaciones anuales correspondientes al reclutamiento, indica que el rendimiento por recluta antes de 1973, era de unas 8 libras, en cambio desde el período de 1973 en adelante, ha sido de unas 7 libras. (Estas estimaciones del rendimiento por recluta son algo más altas que las indicadas en el examen del modelo del rendimiento por recluta, debido a diferencias en los métodos de cálculo. En el modelo del rendimiento por recluta, se supuso que el reclutamiento ocurría a los 40 cm, mientras que la talla promedio de los peces es algo superior en el primer trimestre en el análisis de los grupos). Con un reclutamiento promedio de 45 millones de peces y una composición de talla en la captura similar a la del período de 1968–1972, el rendimiento total anual sería de unas 175 mil toneladas. Con el mismo promedio de reclutamiento, pero con una composición de talla similar a la de los últimos años en la pesca, el rendimiento total anual sería de unas 155 mil toneladas.

Los análisis presentados anteriormente usando los modelos generales de producción, han dado como resultado estimaciones constantes del PMCP de unas 175 mil toneladas americanas de atún aleta amarilla en el ARCAA. La captura actual, que ha excedido esa cantidad en los últimos cinco años, ha venido reduciéndose desde la captura óptima de 210 mil toneladas obtenida en 1976. La captura de 1980, de 147 mil toneladas es la más baja que se haya obtenido en el ARCAA desde 1971.

No parece según los análisis que se acaban de presentar que el aumento en el esfuerzo sobre el aleta amarilla resultará en un aumento constante de captura, ya que los incrementos recientes del esfuerzo no han resultado en un aumento en la captura. Esta puede permanecer constante a medida que se incrementa el esfuerzo o puede reducirse, depende de la configuración del lado derecho de la



curva. El resultado de los datos si se mantiene el esfuerzo aproximadamente a los niveles actuales puede servir y proveer una respuesta; sin embargo, el hecho de que la captura y la CPDNP se han reducido desde 1976, apoya la suposición de que el lado derecho de la curva no está completamente nivelado. En la Figura 43 se presentan cinco índices de la abundancia de 1970 a 1981. El recuadro superior, con la CPDNP de barcos de la clase 3 de arqueo (101-200 toneladas de capacidad), indica una reducción anual normal del 9%. El recuadro siguiente, la CPDP de barcos de la clase 6 de arqueo (más de 400 toneladas de capacidad), indica una reducción similar de un 11% anual. Los dos recuadros siguientes presentan los índices de abundancia basados en los estimativos del tiempo de búsqueda. Uno de éstos, basado en las capturas y en el tiempo de búsqueda de los cardúmenes no asociados con delfines, muestra una reducción anual de un 11%; el otro basado en los mismos datos de los cardúmenes con delfines, indica una declinación de un 9%. El último recuadro, los índices de la biomasa del análisis de los grupos, indica una declinación anual de cerca del 4% para peces de todas las tallas combinadas, pero cerca del 8% anual para los peces más grandes (Figura 47). La captura durante este período de 12 años aumentó primero, pero se redujo desde 1976 (Tabla 29).

Si estos índices indican verdaderamente con exactitud las tendencias de la abundancia, la población del aleta amarilla se encuentra ahora al nivel más bajo que se conoce. Por consiguiente, se debe proceder con cautela al aumentar la captura más allá del mejor estimativo actual del PMCP. Si el lado derecho de la curva está nivelado, la captura debe equilibrarse a unas 170 mil toneladas, ya sea que se mantenga el esfuerzo constante o se aumente. En este caso, puede que la mejor acción administrativa sea la de continuar con el programa experimental a los niveles de 175 mil a 210 mil toneladas. Si por otra parte, el lado derecho de la curva desciende, entonces la captura continuará reduciéndose. En este caso, si se han de mantener las capturas al PMCP, el esfuerzo debe limitarse a unos 10-15 mil días o se debe mantener la captura de 160 a 165 mil toneladas.

En el Informe Anual de la Comisión de 1978, se expresó preocupación sobre el cambio en la composición de talla en la captura. Se indicó que el reclutamiento de aleta amarilla era bastante variable, pero no tanto como en muchas de las especies de peces de aguas templadas que viven más tiempo. Se indicó que esta variabilidad en el reclutamiento, junto con un cambio en la mortalidad por pesca aplicada a los grupos de edad más jóvenes, resultaría probablemente en menos capturas de aleta amarilla en los años de un reclutamiento inferior al promedio. Estas conclusiones se basaron en los datos de captura de los grupos del primer semestre del año. Para examinar aún más esta situación y analizar las conclusiones presentadas el año pasado, se ha terminado y explicado anteriormente un estudio más completo en el que se utilizaron todos los datos de la estructura de la edad desde 1965 hasta 1981 (preliminares). Este estudio corroboró la variabilidad en el reclutamiento y demostró que la pesca depende cada vez más en los grupos de peces de pequeña talla. A medida que esto sucede, se reduce el rendimiento potencial de la población debido a la merma en el

rendimiento por recluta. Junto con ésto se presenta una reducción en la biomasa de la población. Si estos análisis son correctos, aunque la generación de 1978, fue grande y la de 1979, fue superior al promedio, no debe esperarse que la población de los peces grandes en 1982, aumente demasiado, si es que tiene algún incremento, por consiguiente, la producción será inferior a lo que sería si la talla promedio de los peces aumentara. Al considerar que el reclutamiento de 1981, parece ser un poco inferior al promedio y que la mortalidad relativa de pesca de estos reclutas continúa siendo elevada, las capturas se reducirán probablemente en 1982, si el esfuerzo se mantiene constante.

Si el número de los grandes peces ha de aumentar en la población, la pesca debe reducir su dependencia en los peces de 1 año de edad. Como se indicó en los informes anuales anteriores, la remuneración al proteger los peces jóvenes sería substancial, pero es difícil lograr ésto.

Existen varios métodos para reducir la dependencia sobre los peces pequeños. Uno sería fijar un límite mínimo de talla. Otro sería vedar la pesca irrestricta en algunas zonas durante ciertas temporadas, si predominan peces pequeños. Se podría también cambiar la fecha de apertura de la temporada para limitar la pesca durante un período en el que los peces pequeños son más abundantes en la captura. El análisis de los datos de la composición de talla, indica que en general, hay una incidencia mayor de peces pequeños mezclados con los grandes y de barrilete mezclado con aleta amarilla pequeño. Esto haría muy difícil tratar de proteger al aleta amarilla pequeño ya que los barcos, al tratar de capturar atunes aleta amarilla grandes o barrilete, podrían capturar grandes cantidades de peces pequeños. Si estos peces pequeños no pueden descargarse, se arrojarían de nuevo al mar ya muertos y se reduciría el rendimiento por recluta en lugar de aumentarlo. Si, por otra parte, los pescadores pudieran evitar los peces pequeños, habría un aumento en el rendimiento por recluta.

Como se pensó anteriormente, no parece que el cambio en la fecha de apertura de la temporada sería beneficioso. Cuando se aplicó la mayor parte del esfuerzo durante el primer semestre, se obtuvieron pocas capturas de peces del grupo Y que entraron por primera vez en la pesca durante el segundo semestre, cuando pesaban aproximadamente de 3 a 6 libras. se creyó, que ésto se debía en su mayoría a la falta de disponibilidad de los peces de ese grupo. Sin embargo, en los últimos años, ha habido una fuerte pesca en el segundo semestre y han aumentado substancialmente las capturas de los peces del grupo Y entrante. Por consiguiente, el beneficio que se podría obtener al cambiar la temporada para proteger a los peces más jóvenes puede que no sea tan grande como se pensó originalmente. Los investigadores no pueden recomendar actualmente ninguna de las medidas anteriores, ya que no se puede pronosticar el efecto que pueda tener tal reglamentación en la captura actual (ni en los descargues) de peces pequeños.

Otro método para proteger los peces pequeños sería limitar la magnitud total de captura de todo el aleta amarilla incluso el pequeño. Esto podría efectuarse al

reducir todo el esfuerzo de pesca en 1982. Esto resultaría en que sobrevivieran más peces de 1 año; en esta forma se podría, en los años siguientes, disponer de ellos a más edad. Esto haría también que la estructura de la edad fuera similar a la de los años sesenta y comienzo de los setenta. Dicha reducción en el esfuerzo y la captura estaría de acuerdo con las conclusiones obtenidas por el análisis del modelo general de producción.

Si se desea hacer una recomendación en 1982, debe recalcarse que parece que la pesca ha maniobrado en los últimos años al lado de la curva de la sobrepesca. Si se puede aplicar el modelo simétrico, los pequeños cambios en la captura resultarán en cambios relativamente grandes en la magnitud de la población y en el rendimiento equilibrado. Por consiguiente, es importante obtener una estimación precisa de toda la captura en 1981, para estimar el rendimiento equilibrado en 1982. Parece actualmente que la captura de 1981, de atún aleta amarilla fue de unas 174 mil toneladas americanas; por lo tanto, las estimaciones presentadas anteriormente usando los modelos generales de producción, se hicieron con las estimaciones de la captura de 1981.

Aunque no se conoce si el modelo simétrico o asimétrico describa mejor la reacción de la población a la pesca, se debe escoger entre los dos. Si se estableciera la cuota a unas 170 mil toneladas americanas, pero se mantiene el modelo simétrico, continuará entonces la explotación excesiva. Si la cuota se fijara en 160 o 165 mil toneladas, pero se mantiene el modelo asimétrico, entonces la población empezaría a aumentar hacia su óptima magnitud. Parece que sería más prudente fijar una cuota basada en el modelo simétrico. Si se eligiera el modelo simétrico más conservador, pero fuera aplicable el modelo asimétrico, no habría ningún perjuicio. En realidad, el promedio de talla de los peces aumentaría, incrementándose el rendimiento por recluta en los años siguientes. Ya se había indicado anteriormente que el límite mínimo de talla, la clausura de algunas zonas o ambas cosas, no alterarían probablemente la composición de talla en la captura, pero si se aplica una cuota reducida de captura, esto aumentaría probablemente el rendimiento por recluta. Así que se recomendó que se estableciera en 1982, una cuota de captura de 160,000 toneladas para el atún aleta amarilla.

Como existe la posibilidad de que los análisis de la condición de la población y las estimaciones del PMCP estén algo errados, se debe mantener flexibilidad al seleccionar la cuota. Si durante la primera parte de 1982, los grandes peces son relativamente abundantes en la captura y tanto ésta como la CPDP aumentan, debe incrementarse la cuota.

La pesca ha maniobrado en la zona fuera del ARCAA (Figura 42, zona A3) desde 1968 (Tabla 29). En el primer semestre del año existe relativamente poca pesca allí, debido principalmente al mal tiempo. Cuando el tiempo mejora allí en mayo-junio o poco tiempo después, el ARCAA había estado vedada en la mayoría de los años a la pesca libre, desplazándose varios de los barcos de gran porte de la

flota internacional fuera de la zona del ARCAA. Los experimentos de marcado han indicado que es poca la proporción de mezcla entre esta zona y la del ARCAA, así que hasta ahora, se considera separadamente el aleta amarilla que habita en la zona fuera del ARCAA del que vive en el ARCAA.

En 1969, la CPDP de los cerqueros de la clase 6 de arqueo, fue superior a 20 toneladas, pero desde entonces, la CPDP ha sido notablemente constante entre 9 y 13 toneladas (Figura 50, recuadro superior). En 1969, 1970 y 1971, el esfuerzo fue inferior a 2.6 mil días y las capturas fueron menos de 30 mil toneladas (Figura 50, recuadro inferior). En el período de 1972-1976, el esfuerzo y las capturas fueron casi constantes, el primero entre 3.5 y 4.1 mil días y la última entre 41 y 51 mil toneladas. Desde 1977 a 1981, debido aparentemente a la reducción del esfuerzo, el promedio de captura fue solamente de unas 20 mil toneladas, pero la CPDP fue casi igual a la de 1970-1976. En el recuadro inferior de la Figura 50 es evidente que la captura en la zona fuera del ARCAA ha permanecido proporcional al esfuerzo. Si la forma logística del modelo general de producción expresa adecuadamente la relación entre la captura y el esfuerzo de la zona fuera del ARCAA, como se examinó anteriormente en la zona del ARCAA, entonces, parece, que la pesca esté maniobrando fuera de esta zona al lado de la subpesca de la curva. Así que actualmente no parece que exista una razón biológica para establecer límites en la captura o en la intensidad de pesca fuera del ARCAA.

Si los peces que habitan fuera del ARCAA forman parte de la población que aparece en el ARCAA, se esperaría que hubiera habido en los últimos años una reducción en la biomasa y en el promedio de talla de los peces fuera del ARCAA. Según los datos de la CPDP no es evidente que exista tal reducción en la biomasa fuera del ARCAA. Por otra parte, el promedio de talla de los peces capturados fuera del ARCAA se ha reducido de unas 80 libras en 1971-1975, a menos de 60 libras en 1977-1981 (Figura 51). Puede que esto se deba al aumento en la mortalidad por pesca, pero puede que sea también debido a los cambios en los métodos de pesca, es decir, se pescan más cardúmenes asociados con objetos flotantes y menos cardúmenes asociados con delfines. Como 60 libras es casi el peso óptimo en términos del modelo del rendimiento por recluta, como se examinó en la sección sobre el análisis de la estructura de la edad, no hay necesidad de limitar la captura fuera del ARCAA a no ser que se pueda demostrar que la captura de peces en esa zona reduce el reclutamiento en el ARCAA. En todo caso, la pesca en la zona fuera del ARCAA debe supervisarse muy de cerca para analizar estas varias posibilidades.

## **BARRILETE**

Las capturas mundiales de barrilete exceden las de cualquier otra especie de atún, esto se puede aplicar también, en general, al Océano Pacífico. La captura de barrilete en el Océano Pacífico occidental excede la del Océano Pacífico oriental. El promedio anual de captura estimado en el Océano Pacífico occidental durante 1965-1972, fue de 243 mil toneladas americanas. En 1973-1979, un período en el

que las maniobras de la pesca con carnada, especialmente aquellas de las embarcaciones japonesas, se expandió considerablemente, el promedio anual de captura estimado fue de 471 mil toneladas. Los valores correspondientes del Océano Pacífico fueron respectivamente 89 y 120 mil toneladas. En el Océano Pacífico occidental la mayoría de barrilete es capturado por embarcaciones de carnada, pero en el Océano Pacífico oriental cerca del 80 al 95 por ciento de la captura es obtenida por embarcaciones con cerco. Las embarcaciones palangreras solo capturan pequeñas cantidades de barrilete.

Hay grandes pescas de barrilete en el Océano Pacífico nordeste, cerca a Baja California, las Islas Revillagigedo, la Isla Clipperton y en la parte sudeste del Océano Pacífico cerca a la América Central, la parte septentrional de Sudamérica, la Isla de Cocos-Banco de Brito y en las Islas Galápagos. La zona de aguas muy cálidas frente a la parte meridional de México que separa las dos áreas, carece comúnmente de barrilete, pero en algunos años, como en 1956, la distribución de barrilete ha sido continua de norte a sur. En años normales, el marcado ha demostrado que existe poca mezcla de peces entre las dos zonas. La pesca de barrilete en el Océano Pacífico oriental tiende a explotarse más cerca al litoral que la del aleta amarilla. En el Océano Pacífico central hay menos pesca de barrilete cerca a las islas hawaianas y la Polinesia francesa (las islas Marquesas, Tuamotu y Sociedad). Más lejos al oeste, existen pescas más importantes de barrilete cerca al Japón, las Filipinas, Indonesia, Papua Nueva Guinea, las Islas Salomón, Nueva Zelanda y otras muchas islas.

La captura de barrilete en el Océano Pacífico oriental varía considerablemente de un año a otro (Figura 52). Las capturas de la zona nordeste y sudeste se encuentran moderadamente bien correlacionadas la una con la otra, pero en algunos años, por ejemplo 1970, la captura ha sido superior al promedio en una zona e inferior al promedio en la otra. A finales de la década de los cincuenta se obtuvieron grandes capturas de barrilete al sur de los 5°S y desde esa época hasta el comienzo de los años setenta se obtuvieron grandes capturas de esta especie cerca a la costa, a la altura del Ecuador y al norte del Perú. Sin embargo, parece que en los últimos años, el centro de abundancia del grupo sudeste se ha cambiado a las aguas frente a Colombia y la América Central.

Es fundamentalmente importante determinar si el barrilete que aparece en el Océano Pacífico pertenece a una o más de una subpoblación y si este último es el caso, dónde aparecen las diferentes subpoblaciones en las diversas etapas de su ciclo vital y en las distintas épocas del año. Se ha estudiado este problema por medio de varios métodos que incluyen el análisis del marcado, las estadísticas de captura, el ciclo vital y los datos genéticos bioquímicos. La investigación en este campo ha sido emprendida por varias organizaciones, incluso la Comisión del Atún, la South Pacific Commission, el National Marine Fisheries Service de los EEUU y varias entidades del Japón. En un comité de biólogos pesqueros y de geneticistas, patrocinados por la South Pacific Commission en 1980, se

examinaron los resultados apropiados de investigación para solucionar este problema y la siguiente descripción se basa en las conclusiones obtenidas en ese comité. Estos resultados de investigación fueron:

1. Se ha encontrado que existe reproducción de barrilete en todos los meses del año en la zona entre los 130°W y 130°E, limitada al norte y al sur por las isotermas de 24°C.
2. Existe poco desove de barrilete al este de los 130°W.
3. Los datos del marcado (Figura 53) indican que hay una mezcla considerable entre los peces adolescentes y los adultos de varias zonas. Los peces marcados en el Pacífico central se han recapturado en el Pacífico occidental y los peces marcados en el Pacífico occidental han sido recapturados en el Pacífico central.
4. Los cardúmenes de peces no mantienen su integridad durante períodos prolongados, ya que los peces marcados en los mismos cardúmenes se han recapturado frecuentemente en diferentes cardúmenes de peces y peces marcados en diferentes cardúmenes se han recapturado frecuentemente en los mismos cardúmenes.
5. Se ha observado una gradación o gradiente en la frecuencia de los genes de la enzima de la estearasa naftila del suero en la zona de desove, apareciendo las frecuencias más elevadas en el Pacífico occidental y las más bajas en el Pacífico central. No se observó esta gradación en el Pacífico oriental, la frecuencia de los genes en esa zona se compara aproximadamente con aquella en la parte oriental de la zona de desove.
6. No fue evidente una relación entre la frecuencia de los genes en la estearasa de cardúmenes determinados y el siguiente desplazamiento de los peces marcados de esos cardúmenes. En otras palabras, los peces con frecuencias elevadas de estearasa que aparecen en el Pacífico central no parecen dirigirse su “domicilio” en el Pacífico central. (Esto fue determinado cuando se bajas de estearasa que aparecen en el Pacífico occidental parecen dirigirse a su “domicilio” en el Pacífico central. (Esto fue determinado cuando se marcaron porciones de peces de varios cardúmenes y el resto se sacrificó para obtener muestras genéticas bioquímicas).
7. El análisis de los coeficientes estimados de dispersión de peces marcados en cardúmenes que tienen combinaciones genéticas raras, mostraron poca evidencia de que estos cardúmenes mantuvieron su integridad durante períodos prolongados.

Se consideraron tres modelos para describir la estructura de la población del barrilete en el Océano Pacífico en el grupo de trabajo antes mencionado.

La hipótesis panmixia establece que todo el barrilete en el Océano Pacífico pertenece a una sola población en la que cada pez tiene la misma probabilidad de hibridación con cualquier otro pez en la población.

La hipótesis de gradación establece que no existen subpoblaciones separadas de barrilete en el Océano Pacífico, pero existe aislamiento debido a la distancia, es decir, la probabilidad de hibridación de dos peces indeterminados es una función inversa de la distancia del uno al otro. Los individuos en los límites finales de la distribución se encuentran genéticamente semiaislados el uno del otro. La gradación en la frecuencia de los genes de la estearasa puede mantenerse mediante alguna combinación de selección natural y desviación genética.

La hipótesis de la subpoblación separada establece que existen dos más subpoblaciones genéticamente diferentes de barrilete en el Océano Pacífico. La identidad genética de las subpoblaciones se mantiene por algún mecanismo que evita la hibridación de las varias subpoblaciones, como es el mantenimiento de la integridad del cardumen desde el nacimiento hasta la reproducción o existe alguna costumbre por la que los peces regresan a zonas separadas de reproducción o en el que el desove de las diferentes subpoblaciones ocurre en diferentes épocas del año.

Al considerar toda la información utilizable, los participantes en el comité de la SPC concluyeron que:

1. La hipótesis panmixia es inadmisibles porque aunque hay mezcla de peces entre las diferentes zonas, la mayoría de los peces marcados que fueron recapturados se habían desplazado solo a distancias relativamente cortas de las localidades donde se habían liberado.

2. La hipótesis de gradación, que incluye los factores de dispersión, regreso y selección natural, es una alternativa razonable con referencia a la hipótesis de la subpoblación separada formulada en el pasado, pero los datos utilizables no permiten que se haga una selección razonable entre estas dos hipótesis y el apoyo incondicional ya sea de una u otra sería prematuro e injustificado.

Los participantes en el comité acordaron, en general, que se necesitaban más datos sobre el desove y los primeros estadios del ciclo vital del barrilete si se deseaba avanzar en este campo.

El personal de la Comisión opina que los principales resultados obtenidos por el comité de la SPC son correctos, es decir, que los datos no permiten una selección razonable entre la hipótesis de gradación y aquella de la subpoblación y que se necesitan más datos sobre la reproducción y los primeros estadios del ciclo vital del barrilete. Sin embargo, se cree que la adquisición de otras muestras genéticas y bioquímicas en estratos seleccionados de tiempo-zona y otros análisis de todos los datos pueden proveer más conocimiento en este campo.

Los modelos generales de producción han sido descritos anteriormente en la sección del aleta amarilla. Se indicó que los modelos de este tipo no se pueden aplicar a no ser que los peces de los que se trata, pertenezcan a una población distinta, es decir, debe existir relativamente poco intercambio entre los peces que

habitan la zona que se está considerando, en este caso el Océano Pacífico oriental y aquellos en otras zonas en las que la especie susodicha es explotada. Suponiendo que se puedan aplicar dichos modelos, si se ha de descubrir ese caso, las perturbaciones causadas por las fluctuaciones en las condiciones ambientales no deben ser tan grandes como para ocultar los cambios en la abundancia aparente, causados por las fluctuaciones del esfuerzo de pesca y se deben tener datos de captura, esfuerzo y de la CPUE en una amplia escala de niveles del esfuerzo de pesca, incluyendo preferiblemente los niveles del lado de la curva de la sobrepesca.

No se satisface la primera condición, ya que 26 barriletes marcados en el Océano Pacífico oriental han sido recapturados en el Pacífico central y occidental. La pesca de barrilete en el Océano Pacífico oriental se efectúa, por lo general, relativamente cerca a la costa y la mayoría del barrilete capturado en esta zona proviene aparentemente de los desoves en el Pacífico central, occidental o de ambos, y estos desoves pueden surtir también las regiones de alta mar del Océano Pacífico oriental, central y occidental. No habiendo prueba de lo contrario, se supone que los peces que se reproducen en el Pacífico central u occidental, que son también los progenitores de los peces que permanecen en el Pacífico central u occidental o en ambos. Si es así, se pueden determinar mejor las cantidades capturadas en el Pacífico oriental por las porciones de juveniles nacidos en el Pacífico central u occidental que se desplazan al Pacífico oriental, que por la abundancia de juveniles en esa o esas zonas. Siendo este el caso, no es posible efectuar actualmente un estudio definitivo de esta naturaleza.

Se ha realizado una investigación en modesta escala durante varios años, para determinar las consecuencias que tienen las condiciones ambientales sobre el barrilete con referencia a su abundancia, disponibilidad y vulnerabilidad a la captura en el Océano Pacífico oriental. Uno de estos estudios, descrito en los informes anuales de la Comisión de 1977, 1978, 1979 y 1980, incluye el análisis de la relación entre la abundancia aparente del barrilete en su segundo año de vida en el Océano Pacífico oriental con (1) la zona del Océano Pacífico entre los 130° y 180°W con temperaturas superficiales del mar superiores a los 82°F (27.8°C), (2) el promedio de la temperatura de la superficie del mar en esa zona, (3) el índice de la Oscilación Austral (O.A.), que es un índice de la diferencia de presión entre el centro de alta presión de la Isla de Pascua y el centro de baja presión de Indonesia y (4) el índice de la mezcla del viento (el promedio de la velocidad del viento al cubo, que es aproximadamente proporcional al grado de mezcla de las capas superiores del océano causada por el viento) entre los 130° y los 180°W y entre los 14°N y 15°S. Parece que todas estas variables oceanográficas o meteorológicas se encuentran relacionadas entre sí. Durante los períodos en los que el índice de la O.A. es alto, los vientos en el Pacífico central tropical tienden a ser más fuertes, es superior el afloramiento ecuatorial y la cantidad de mezcla, las temperaturas de la superficie del mar son más bajas y la zona de más de 82°F es más pequeña; durante los períodos en los que el índice de O.A. es bajo, los vientos tienden a ser más débiles, superior el afloramiento ecuatorial y la cantidad de mezcla, las



temperaturas de la superficie del mar son más elevadas y es más extensa la zona que sobrepasa los 82°F.

Se realizaron los dos primeros análisis porque existe una correlación positiva entre la temperatura y el porcentaje de aparición de las larvas de barrilete en arrastres de redes de zooplancton y se pensó que puede haber más desove o más sobrevivencia de larvas en los años cálidos. El tercer análisis se relaciona al viento, la temperatura de la superficie del mar y las corrientes, y se ha considerado como el mejor índice de los tres porque se obtienen datos continuamente de la presión, mientras que los datos del viento, la temperatura y las corrientes se obtienen solo esporádicamente con base oportunística. Sin embargo, parece que la posición del centro de alta presión de la Isla de Pascua ha cambiado en los últimos años y se cree que el índice de la O.A. ya no es, ahora, un índice tan confiable como lo era antes de las condiciones en la zona de desove. Se realizó el cuarto análisis, ya que la sobrevivencia de las larvas de barrilete puede depender del grado de mezcla de las capas superiores del océano. Las investigaciones realizadas en el NMFS Southwest Fisheries Center de La Jolla, indican que en la Corriente de California tienden a aparecer concentraciones apropiadas de alimento en grupos y estratos bien definidos que sirven como primer alimento para las larvas de anchoveta. El afloramiento y la mezcla obstruyen los estratos y dispersan los organismos alimenticios, así que muchas de las larvas no pueden obtener suficiente alimento para sobrevivir. Parece que las fuertes generaciones de anchoveta, en su etapa larval, se asocian a los vientos débiles y viceversa. Se pensó que esto ocurriría también en las zonas de desove del barrilete en el Pacífico central. Se encontró en la mayoría de los casos una relación estadísticamente significativa, pero la mejor relación se encontró entre el barrilete y el índice de la mezcla del viento, ya que este índice es responsable por el 47 por ciento de la variabilidad en la abundancia aparente del barrilete en su segundo año de vida en el Pacífico oriental.

Además, se están realizando investigaciones sobre si existe una posible relación entre la abundancia aparente del barrilete en su segundo año de vida en el Pacífico oriental y la fuerza de la Contracorriente Ecuatorial del Norte y la Ecuatorial del Sur que fluyen hacia del este, porque se podría esperar que cuando estas corrientes son más fuertes que lo común, los peces jóvenes serían transportados al Pacífico oriental en mayores cantidades y cuando son más débiles que lo normal, los peces jóvenes serían transportados allí en menores cantidades, si es que realmente usan estas corrientes en sus migraciones. En general, los resultados del personal de la Comisión, cuando han intentado relacionar la abundancia aparente del barrilete con las condiciones ambientales, no son tan satisfactorios como se desearía, pero tal vez podrían resolverse algunos de los problemas si se pudieran realizar los estudios biológicos y estadísticos de la Comisión en todas las unidades de población que contribuyen a la pesca en el Pacífico oriental, en lugar de solo una porción de ésta (o éstas) que habita(n) el Océano Pacífico oriental durante parte del ciclo de su vida.

Se tienen datos útiles de captura, esfuerzo y de la CPUE de algunas porciones de las unidades de la población, pero no de otras. Además, existe el problema de separar las capturas de los peces de las unidades de la población que contribuyen a la pesca en el Pacífico oriental de aquellas que no lo hacen.

A pesar de los problemas antes mencionados, se ha tratado de comparar el esfuerzo y la CPUE del barrilete en el Océano Pacífico oriental. El esfuerzo de pesca ha aumentado en los últimos años, debido al incremento en la capacidad de la flota. Sin embargo, esto aparentemente no ha agotado el recurso, ya que se han obtenido algunas de las capturas totales más grandes durante los últimos años. La relación entre la CPUE de los cerqueros y el esfuerzo en el ARCAA, normalizado a unidades de la clase 3 de arqueo (embarcaciones de 101 a 200 toneladas de capacidad), se presenta en las Figuras 54 y 55. La primera incluye todas las zonas de 5 grados del ARCAA, mientras que la última incluye solamente las zonas seleccionadas de 5 grados en donde se han capturado cantidades importantes de barrilete. En ninguno de estos casos parece existir una relación significativa. Sin embargo, existe la posibilidad de que tal relación se encuentre oculta por la naturaleza de la pesca. Por ejemplo, en diferentes años, la disponibilidad del barrilete puede aplazarse, pero la cantidad de esfuerzo encauzado hacia esa especie puede ser proporcional a su disponibilidad, lo que da como resultado que la CPUE sea aproximadamente igual en cada año. Puede que este sea el caso, si en los años de gran disponibilidad se encontrara el barrilete en más zonas que en los años de poca disponibilidad, pero la densidad de los peces en las zonas fue casi igual durante todos los años. Actualmente, los datos ofrecen poca o ninguna evidencia de que este fenómeno pueda ocultar la relación entre la abundancia del barrilete y el esfuerzo de pesca, pero se seguirá examinando esta cuestión como parte de los extensos estudios de la Comisión sobre el esfuerzo de pesca y la CPUE como índice de la abundancia.

La clase de datos que se utilizan para los modelos de la estructura de la edad y la teoría sobre la que se basan estos modelos se discuten anteriormente en la sección del aleta amarilla.

La composición de talla de las muestras de barrilete obtenidas en el Area Reglamentaria de la Comisión del Aleta Amarilla (ARCAA) desde 1967 a 1981, se presenta en la Figura 56. Las diferencias entre los años son aparentes. La incidencia de peces de más de 55 cm (unas 7.8 libras) fue superior en 1971-1973, e inferior en 1978-1981. El peso promedio de los peces capturados en 1981, es el más bajo del período 1967-1981.

El estudio del rendimiento por recluta, relativo al modelado de la estructura de la edad, ha sido discutido anteriormente con referencia al aleta amarilla. La situación del barrilete es algo diferente ya que la pérdida natural del aleta amarilla consiste solo en la mortalidad natural, en cambio la del barrilete consiste tanto en la mortalidad natural como en el desplazamiento al Pacífico occidental y central. Se calcula que el índice anual combinado de la mortalidad natural y del

desplazamiento del barrilete según los datos de la frecuencia de talla y del marcado, es aproximadamente 90 por ciento anualmente, en comparación al 55 por ciento para el aleta amarilla, debido a la mortalidad natural.

El índice de crecimiento del barrilete ha sido también estimado según los estudios de los datos de la frecuencia de talla y por la devolución de las marcas. En comparación con el aleta amarilla, es mucho más difícil seguir la progresión de los grupos modales, ya que la longitud modal varía erráticamente de un mes a otro. El reclutamiento en el Pacífico central y el desplazamiento en dirección opuesta, es evidentemente la mayor causa de ésto, pero parece además, que la vulnerabilidad de los grupos de peces de diferentes tallas varía considerablemente de un mes a otro en el Océano Pacífico oriental. Los datos del marcado son también útiles a este respecto, pero la mayoría de las recapturas son de peces que han estado en libertad solo poco tiempo y, por consiguiente, son de valor limitado. Las pocas recapturas a largo plazo que se han recibido, han sido casi todas de peces recapturados en el Océano Pacífico central y la razón por la que hay tan pocas se debe a la poca intensidad de pesca en esa zona. Así que las estimaciones que se tienen sobre el crecimiento del barrilete no son tan buenas como las del aleta amarilla ni como se desearían.

En la Figura 57, se presenta la relación estimada entre la talla de entrada, el esfuerzo de pesca y el rendimiento por recluta. Se han integrado las estimaciones del personal de la Comisión sobre el crecimiento del barrilete, la mortalidad natural más el desplazamiento y la mortalidad por pesca, para obtener los cálculos que forman la base de esta figura. El recuadro superior está basado en la estimación de los índices de la mortalidad por pesca a edad específica de los datos de la frecuencia de talla obtenidos desde 1967 a 1969, el recuadro del medio se basa en los índices estimados de los datos obtenidos desde 1971 a 1973 y el recuadro inferior se basa en los índices estimados de los datos obtenidos desde 1975 a 1977. Los valores en la escala horizontal son los múltiplos del esfuerzo de pesca durante los años mencionados, es decir, 0.5, 1.0 y 2.0 en el recuadro superior, representan los valores del esfuerzo, la mitad de, igual a y duplica los valores actuales del esfuerzo de 1967 a 1969. Varias combinaciones del esfuerzo de pesca y de la talla de entrada proveen varios rendimientos por recluta que se presentan mediante curvilíneas. Por ejemplo, si la talla de entrada se fija en 40 cm (unas 2.7 libras) el rendimiento por recluta con un multiplicador de 1 es entre 1.00 y 1.10 libras en el primer recuadro y entre 0.75 y 1.00 en el segundo y tercer recuadro. En general, los rendimientos por recluta son más elevados con una talla de entrada de 35 cm (cerca de 1.7 libras) y un esfuerzo de pesca considerablemente más elevado de lo que ha sido el caso hasta ahora en el Océano Pacífico oriental. Esto se debe a que las pérdidas en el peso total de una generación de peces debida a la mortalidad natural y al desplazamiento, exceden las ganancias que resultan del crecimiento, aunque los peces midan solo 35 cm y suponiendo que crecen rápidamente.

Ni los modelos generales de producción, ni los de la estructura de la edad aplicados hasta ahora, indican que haya necesidad de controlar la pesca de esta especie. Los últimos modelos indicaron que el rendimiento máximo por recluta de barriletes juveniles en el Océano Pacífico oriental, puede obtenerse al pescar tanto como sea posible ejemplares de más de 35 cm. Esto concebiblemente puede reducir el reclutamiento en los próximos años, pero según los datos del esfuerzo y de la CPUE, no se ha demostrado que éste sea el caso.

Como se indicó anteriormente, la administración debe abarcar todos los segmentos de una población individual, en lugar de solo una parte de la población, una mezcla de varias poblaciones o una mezcla de segmentos de varias poblaciones. Por lo tanto, es muy importante determinar si el barrilete que aparece en el Océano Pacífico pertenece a una o más de una subpoblación y, si este último es el caso, dónde aparecen las diferentes subpoblaciones en las diversas etapas de su ciclo vital y durante las diferentes épocas del año. La Comisión del Atún ha aumentado recientemente el marcado de barrilete en el Océano Pacífico oriental y ha realizado experimentos de marcado en la Polinesia francesa. Varias otras organizaciones, especialmente la Comisión del Pacífico Sur, han marcado barrilete en grandes cantidades en el Océano Pacífico occidental y central en los últimos años. Además, varias organizaciones se están esforzando en obtener mejores datos sobre la captura del barrilete y del esfuerzo aplicado a esta especie en el Pacífico occidental y central. Cuando estos estudios se encuentren más avanzados, puede que sea posible determinar mejor la condición de la unidad o unidades de población del barrilete en el Océano Pacífico con relación a la pesca.

#### **ATUN ALETA AZUL DEL NORTE (*Thunnus thynnus*)**

En el Informe Anual de la Comisión de 1979, se presentó un modelo preliminar en el que se describió el ciclo vital del atún aleta azul del norte (*Thunnus thynnus*). Es evidente según este informe, que es necesario obtener muchos más datos sobre varias de las fases del ciclo vital y de la pesca de esta especie.

Se ha emprendido actualmente un estudio sobre la pesca del *T. thynnus* en el Pacífico oriental. Con este fin se están reuniendo y analizando los datos de las capturas de esta especie por zona, fecha, clase de arqueo de los barcos, magnitud de los cardúmenes, tipo de cardumen, etc. Se necesitan los informes de esta clase si se desea obtener conocimiento sobre la dinámica de la población de esta especie.

Se debe determinar si existe o no más de una subpoblación de *T. thynnus* en el Océano Pacífico. La Comisión está actualmente realizando estudios de esta naturaleza (por contrato) sobre esta especie en el Océano Atlántico y se espera poder idear técnicas que puedan emplearse en el *T. thynnus* del Océano Pacífico. Será necesario preparar una historia de cada generación. Esta debe incluir, idealmente, para cada generación, estimaciones de la cantidad de peces

reclutados en la pesca epipelágica del Pacífico occidental, la cantidad capturada cada año en esta región, la cantidad que se desplaza cada año al Pacífico oriental, la cantidad capturada cada año en esa región, la cantidad que emigra cada año del Pacífico oriental y la cantidad capturada anualmente por la pesca palangrera. Se pueden estimar estos datos al analizar las estadísticas adecuadas de captura, los datos de la frecuencia de la edad y de talla, y los datos del marcado. Hace ya varios años que se han obtenido datos apropiados de las estadísticas de captura en la pesca epipelágica del Océano Pacífico oriental. Sin embargo, es más difícil obtener y analizar los datos de la pesca epipelágica del Pacífico occidental, ya que se combinan varias especies en las estadísticas de captura de esa zona. El Far Seas Fisheries Research Laboratory del Japón y la Comisión del Atún, están trabajando actualmente en un esquema para obtener mejores datos sobre las estadísticas de captura de la pesca epipelágica del Pacífico occidental. Cada año, desde 1952, se han obtenido los datos de la frecuencia de talla de la pesca epipelágica del Pacífico oriental y se tienen algunos datos de la frecuencia de talla y del peso de la pesca epipelágica del Pacífico occidental y de la pesca con palangre. Se tienen datos desde 1963 hasta 1969, de la frecuencia de la edad de la pesca epipelágica del Pacífico oriental. En el programa actual de muestreo de la Comisión del Atún de 1980-1981, se han procesado parcialmente los datos de las escamas, otolitos, radios de las aletas y espinas, y esperamos que se pueda continuar con este programa. El proyecto actual de marcado debe suministrar la información necesaria sobre las proporciones de peces de varias edades que se desplazan de la región occidental del Pacífico a la oriental y viceversa.

Debido a la falta de información sobre esta especie, no se anticipa que en un futuro cercano se hagan recomendaciones para controlar su pesca en el Pacífico oriental.



## APPENDIX I—APENDICE I

## STAFF\*—PERSONAL\*

James Joseph, Ph.D. (Washington) <i>Director of Investigations</i>	— <i>Director de Investigaciones</i>
Clifford L. Peterson, B.S. (Washington) <i>Assistant Director</i>	— <i>Subdirector</i>

## SCIENTIFIC—CIENTIFICO

## Senior Scientists—Científicos principales

Robin L. Allen, Ph.D. (British Columbia) <i>Population dynamics</i> (To 3 July)	— <i>Dinámica de poblaciones</i> Hasta el 3 de julio)
William H. Bayliff, Ph.D. (Washington) <i>Biology</i>	— <i>Biología</i>
John R. Calaprice, Ph.D. (California) <i>Biology</i>	— <i>Biología</i>
Eric D. Forsbergh, B.A. (Harvard) <i>Biology</i>	— <i>Biología</i>
Joseph W. Greenough, M.S. (Washington) <i>Fisheries management</i>	— <i>Administración pesquera</i>
Philip S. Hammond, B.A. D. Phil. (York, England) <i>Biology</i>	— <i>Biología</i>
Witold L. Klawe, M.A. (Toronto) <i>Biology</i>	— <i>Biología</i>
Forrest R. Miller, M.A. (California) <i>Meteorology</i>	— <i>Meteorología</i>
Craig J. Orange, B.S. (Oregon State) <i>Biology: statistics</i>	— <i>Biología: estadísticas</i>
George Schumann, Ph.D. (Hamburg) <i>Biology</i> (From 28 July)	— <i>Biología</i> Desde el 28 de julio)

Patrick K. Tomlinson, B.S. (Humboldt)  
*Biology: population dynamics* — *Biología: dinámica de poblaciones*

Alexander Wild, Ph.D. (British Columbia)  
*Biology* — *Biología*

### Associate Scientists—Científicos asociados

David A. Bratten, B.S. (San Diego State)  
*Biology* — *Biología*

Thomas P. Calkins, B.S. (Washington)  
*Biology* — *Biología*

Jon S. Cole, B.S. (Washington)  
*Biology* — *Biología*

Kenneth R. Feng, B.S. (Yenching)  
*Biology: statistics* — *Biología: estadísticas*

Mark D. Goldsmith, M.A. (California)  
*Mathematics* — *Matemáticas*  
 (To 7 September) Hasta el 7 de septiembre)

Jeffrey L. Laake, M.S. (Utah State)  
*Population dynamics* — *Dinámica de poblaciones*

Ashley J. Mullen, B.A. (Warwick)  
*Population dynamics* — *Dinámica de poblaciones*  
 (From 16 November) Desde el 16 de noviembre)

Arturo F. Muhlia J., M.S. (San Diego State Univ.)  
*Biology: computer programmer* — *Biología: programador computadora*

Robert J. Olson, B.S. (Calif. Polytechnic State Univ.)  
*Biology* — *Biología*

Richard G. Punsley, M.S. (Washington)  
*Population dynamics* — *Dinámica de poblaciones*

Michael D. Scott, M.A. (California)  
*Biology* — *Biología*



Kao-Tai Tsai, Ph.D. (California)

*Statistics*

(From 16 October)

—*Estadísticas*

Desde el 16 de octubre)

Peter C. Wussow, B.S. (Humboldt State)

*Biology*

—*Biología*

### Assistant Scientists—Científicos auxiliares

Edward H. Everett, B.S. (San Jose State)

*Biology: statistics*

—*Biología: estadísticas*

Terry J. Foreman, B.S. (San Diego State)

*Biology*

—*Biología*

Richard E. Irvin, B.S. (San Diego State)

*Biology*

—*Biología*

Milton F. López, B.S. (Rhode Island)

*Computer science*

—*Ciencia de computadoras*

Andris Purmalis, B.S. (Michigan)

*Biology*

—*Biología*

Kurt M. Schaefer, B.S. (Humboldt)

*Biology*

—*Biología*

Vernon P. Scholey, B.S. (Washington)

*Biology*

—*Biología*

### TECHNICAL—TECNICO

Javier Barandiarán, B.A.C. (Univ. Puerto Rico)

*Waterfront contact: laboratory technician*

—*Representante en el muelle: técnico de laboratorio*

Julio Carranza

*Waterfront contact: laboratory technician*

—*Representante en el muelle: técnico de laboratorio*

Nannette Y. Clark

*Statistical technician*

—*Técnica en estadísticas*

- Luis Dorati, B.A. (Panama)  
*Scientific technician*  
 (From 23 June) — *Técnico científico*  
 Desde el 23 de Junio
- Jere W. Earlston  
*Statistical technician* — *Técnico en estadísticas*
- Marcus K. Fieger  
*Technician* — *Técnico*  
 (From 17 February) Desde el 17 de febrero)
- Rafael A. Gaudier, B.B.A. (Univ. Puerto Rico)  
*Waterfront contact: laboratory technician*  
 — *Representante en el muelle: técnico de laboratorio*  
 (Puerto Rico)
- Juan A. Gracia, M.A. (Inter-Amer. Univ.)  
*Waterfront contact: laboratory technician*  
 — *Representante en el muelle: técnico de laboratorio*  
 (Puerto Rico)
- Rafael Guillén  
*Fishing gear technologist* — *Técnico en artes pesqueras*
- William W. Hatton, B.A. (Miami Univ.)  
*Waterfront contact: laboratory technician*  
 — *Representante en el muelle: técnico de laboratorio*  
 (Ensenada, México)
- C. Anibal Orbes A.  
*Waterfront contact: laboratory technician*  
 — *Representante en el muelle: técnico de laboratorio*  
 (Ecuador)
- Sueichi Oshita  
*Waterfront contact: laboratory technician*  
 — *Representante en el muelle: técnico de laboratorio*  
 (San Pedro, California)
- Raymond C. Rainey  
*Waterfront contact: laboratory technician*  
 — *Representante en el muelle: técnico de laboratorio*
- Rayleen D. Sandquist  
*Computer technician* — *Técnica de computadora*  
 (To 31 January) Hasta el 31 de enero)

Vaughn M. Silva

*Waterfront contact: laboratory technician*

—*Representante en el muelle: técnico de laboratorio*

Robert W. Wagner

*Laboratory technician*

—*Técnico de laboratorio*

## ADMINISTRATIVE—ADMINISTRATIVO

Magdalena Barandiarán

*Bilingual secretary*

—*Secretaria bilingüe*

Georgia K. Cason

*Switchboard operator*

(To 8 September)

—*Telefonista*

Hasta el 8 de septiembre)

Lucy Dupart

*Technical translator*

—*Traductora técnica*

Elizabeth J. Hubert

*Switchboard operator*

(From 8 September)

—*Telefonista*

Desde el 8 de septiembre)

James M. Lannon

*Administrative assistant*

(From 8 September)

—*Ayudante administrativo*

Desde el 8 de septiembre)

Regina A. Newman

*Bilingual secretary to the Director*

—*Secretaria bilingüe del Director*

Angel L. Sion

*Administrative assistant*

(To 24 April)

—*Ayudante administrativo*

Hasta el 24 de abril)

\*All staff members at La Jolla unless otherwise noted.

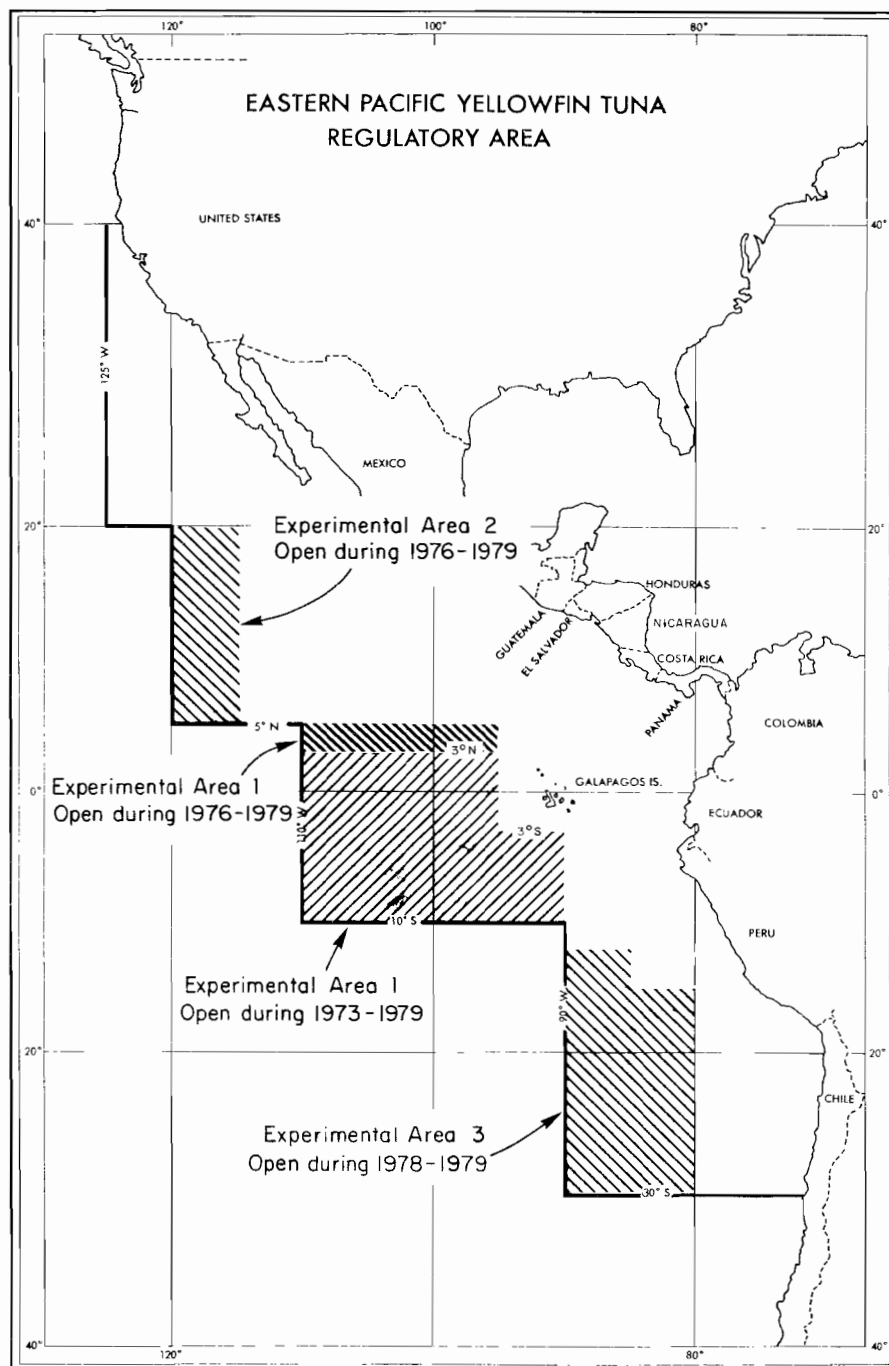
\*Todo el personal de La Jolla, a no ser que indique lo contrario.



**APPENDIX II—APENDICE II**

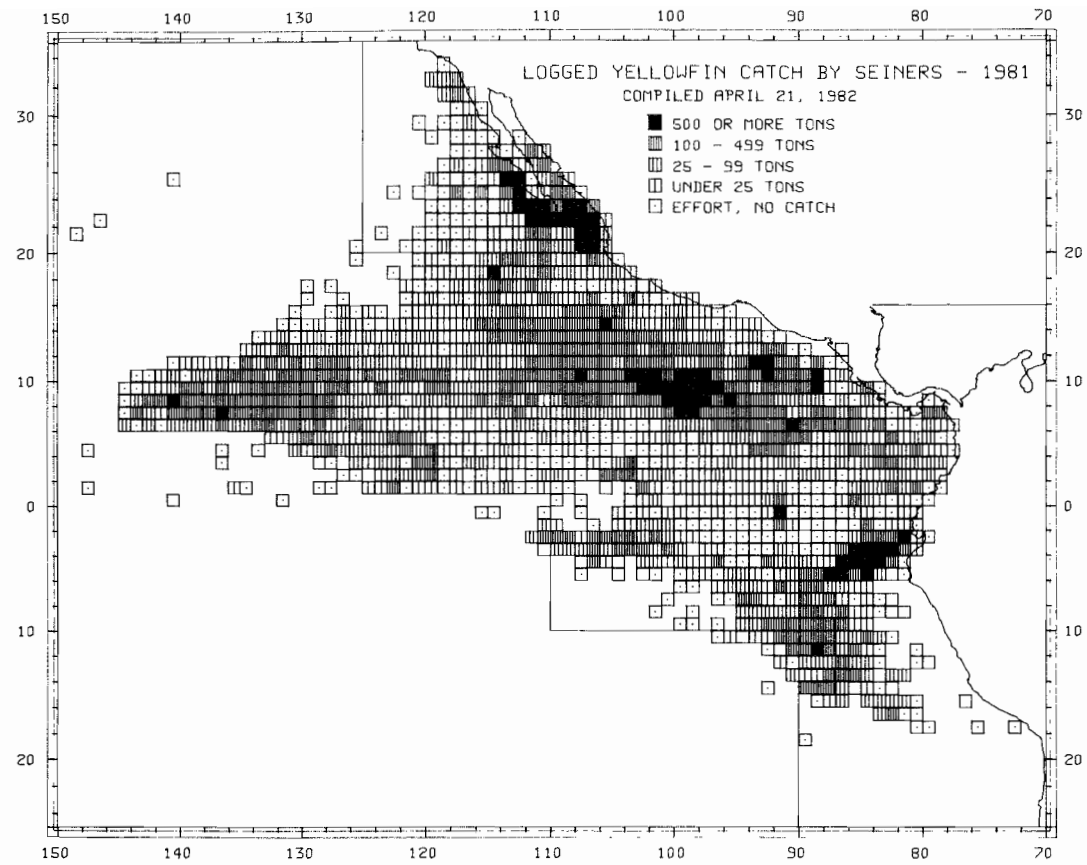
**FIGURES AND TABLES**

**FIGURAS Y TABLAS**



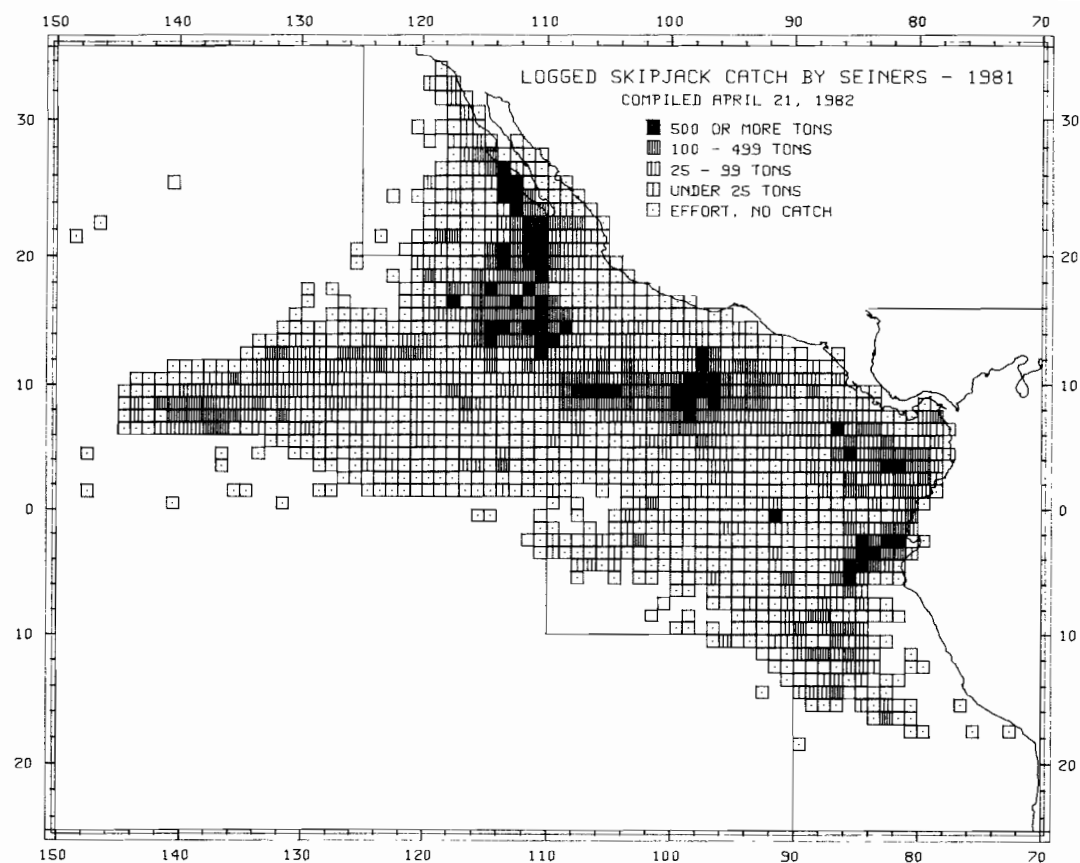
**FIGURE 1.** The Commission's Yellowfin Regulatory Area (CYRA).

**FIGURA 1.** Area reglamentaria de la Comisión del Aleta Amarilla (ARCAA).



**FIGURE 2.** Catches of yellowfin in the eastern Pacific Ocean in 1981 by 1-degree areas for all trips for which usable logbook data were obtained.

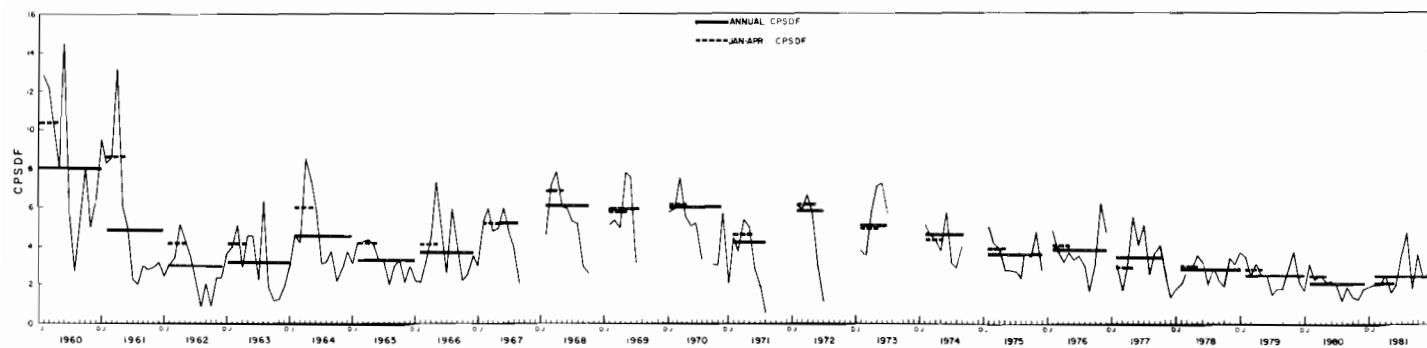
**FIGURA 2.** Capturas de atún aleta amarilla en el Océano Pacífico oriental en 1981, por zonas de 1 grado, correspondientes a todos los viajes de los que se obtuvieron datos útiles de bitácora.



**FIGURE 3.** Catches of skipjack in the eastern Pacific Ocean in 1981 by 1-degree areas for all trips for which usable logbook data were obtained.

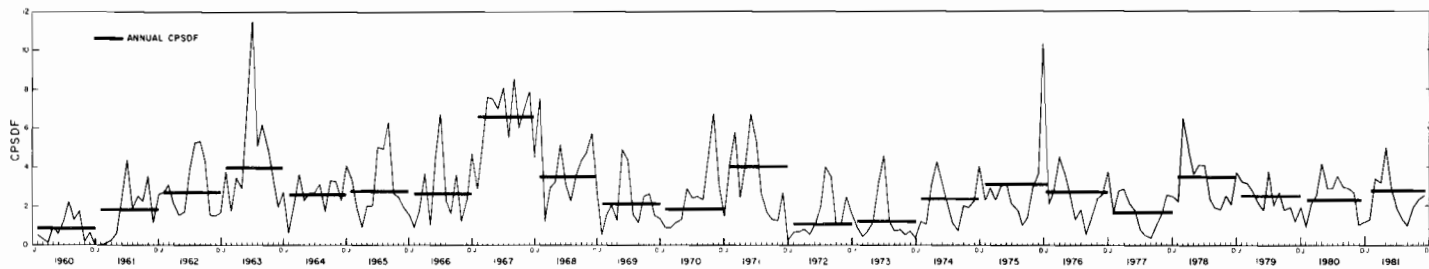
**FIGURA 3.** Capturas de barrilete en el Océano Pacífico oriental en 1981, por zonas de 1 grado, correspondientes a todos los viajes en los que se obtuvieron datos útiles de bitácora.





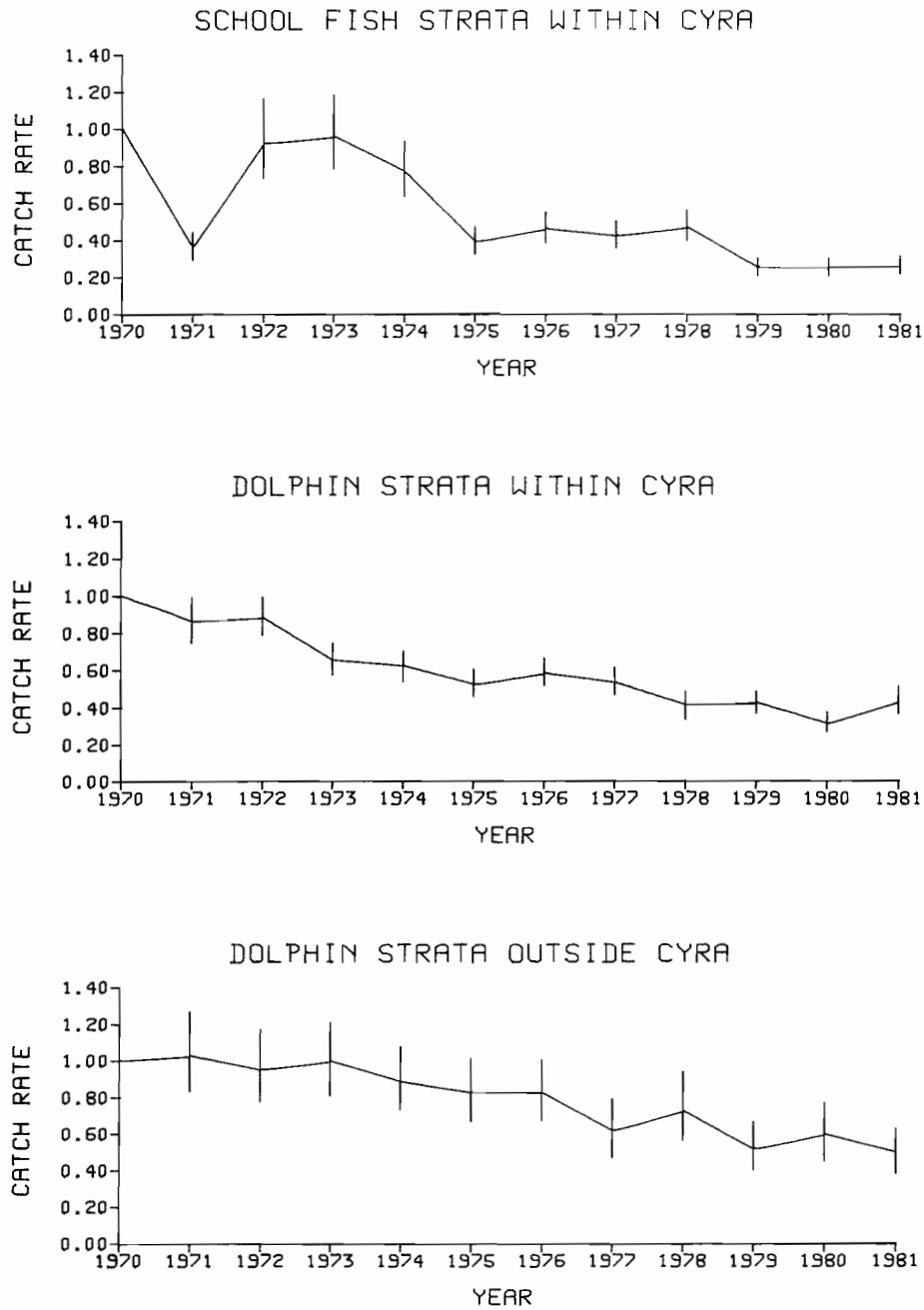
**FIGURE 4.** Catch per standard day's fishing for yellowfin in Class-3 purse-seine units in the CYRA during 1960-1981. Only the data from unregulated trips are used. The values for 1981 are preliminary.

**FIGURA 4.** Captura por día normal de pesca del atún aleta amarilla en el ARCAA durante 1960-1981, por unidades de la clase 3 de arqueo de los barcos cerqueros. Se emplearon solo los datos de viajes sin reglamentar. Los valores de 1981 son preliminares.



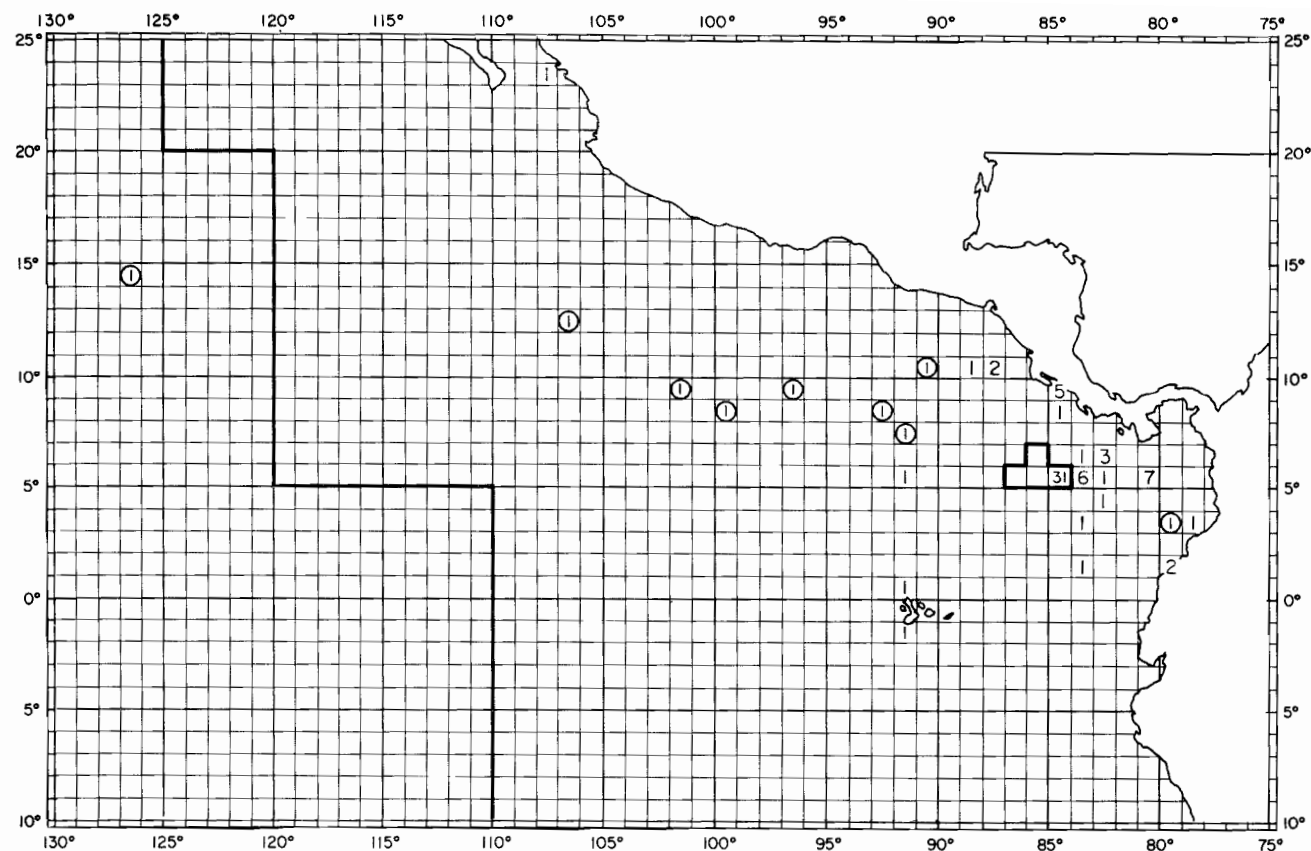
**FIGURE 5.** Catch per standard day's fishing for skipjack, in Class-3 purse-seine units in the CYRA during 1960-1981. The values for 1981 are preliminary.

**FIGURA 5.** Captura por día normal de pesca del barrilete en el ARCAA durante 1960-1981, por unidades de la clase 3 de arqueo de barcos cerqueros. Los valores de 1981 son preliminares.



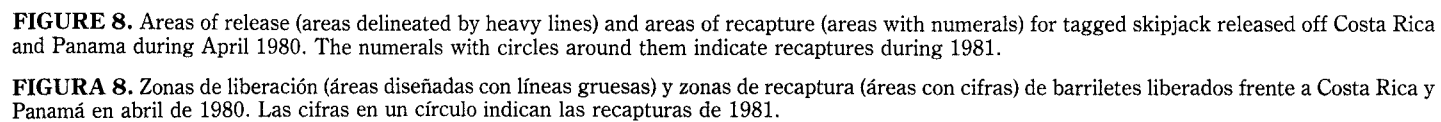
**FIGURE 6.** Standardized catch rates from the linear model relative to 1970. The vertical bars are the approximate 95% confidence intervals.

**FIGURA 6.** Índices normalizados de captura según el modelo lineal de 1970. Las líneas verticales son aproximadamente los intervalos de confianza del 95%.



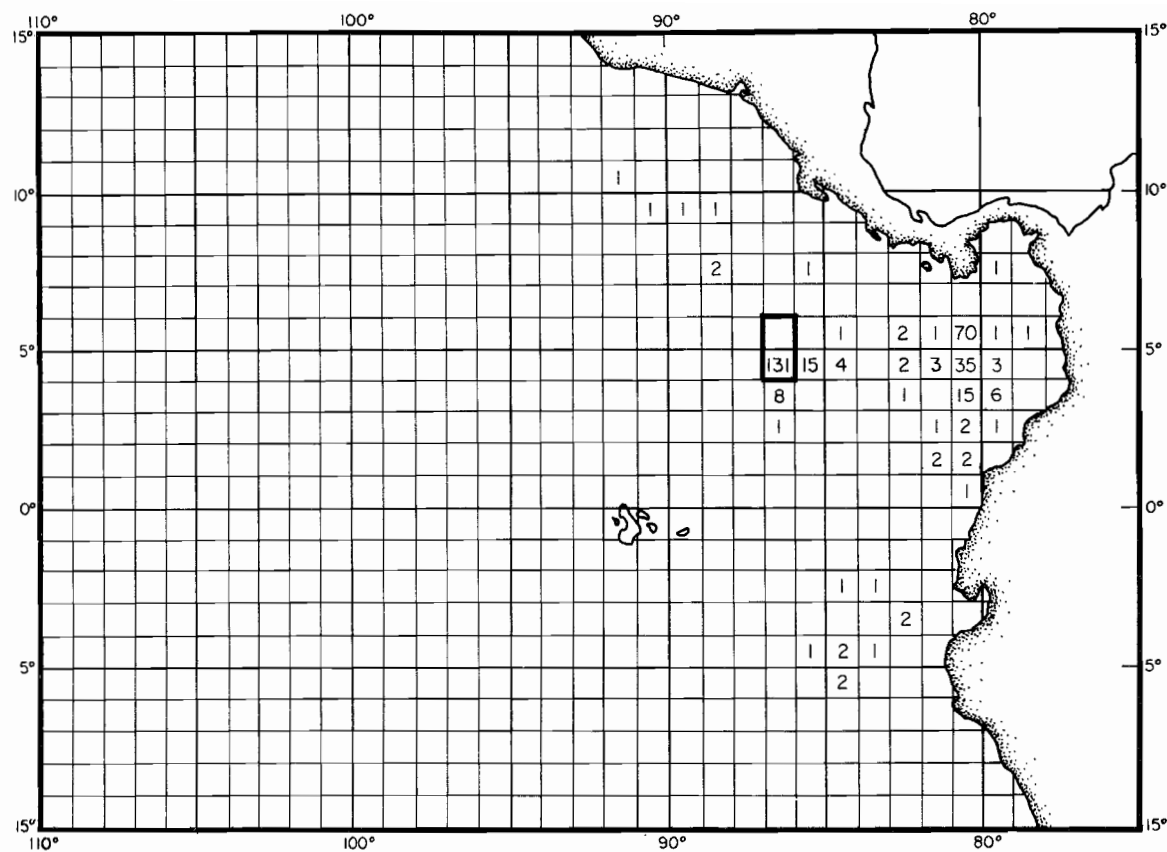
**FIGURE 7.** Areas of release (areas delineated by heavy lines) and areas of recapture (areas with numerals) for tagged yellowfin released off Costa Rica and Panama during April 1980. The numerals with circles around them indicate recaptures during 1981.

**FIGURA 7.** Zonas de liberación (áreas diseñadas con líneas gruesas) y zonas de recaptura (áreas con cifras) de atunes aleta amarilla liberados frente a Costa Rica y Panamá en abril de 1980. Las cifras en un círculo indican las recapturas de 1981.



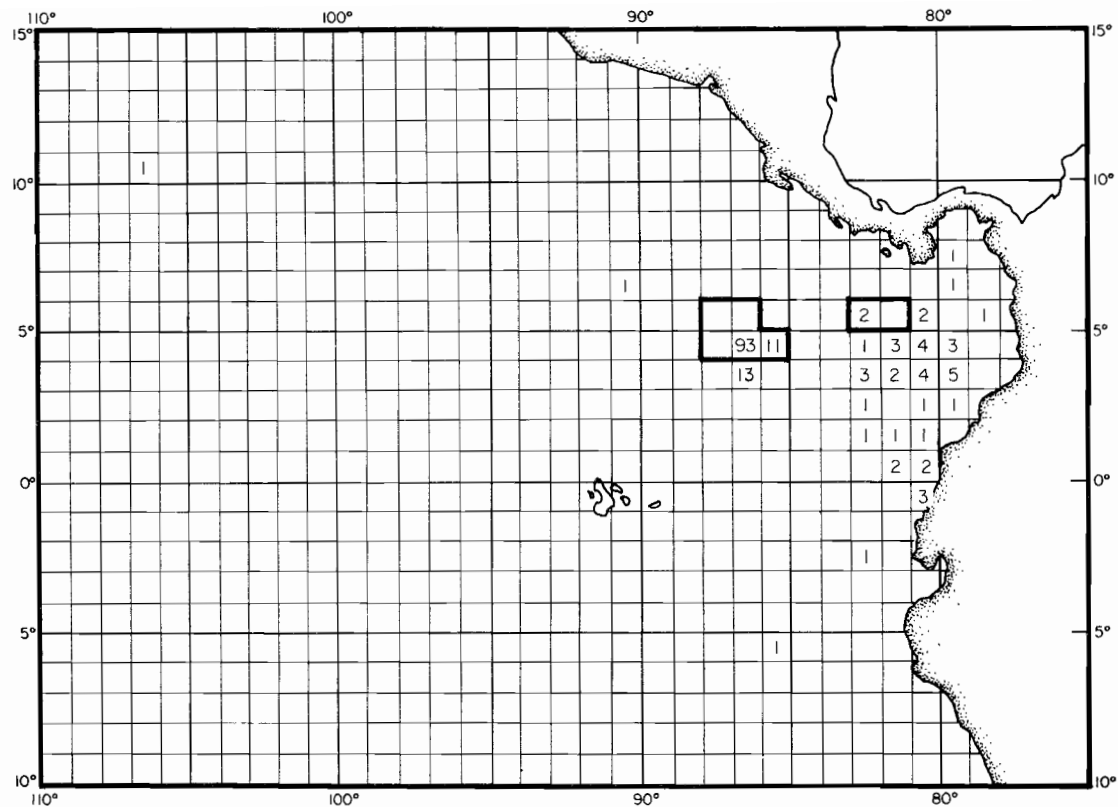
**FIGURE 8.** Areas of release (areas delineated by heavy lines) and areas of recapture (areas with numerals) for tagged skipjack released off Costa Rica and Panama during April 1980. The numerals with circles around them indicate recaptures during 1981.

**FIGURA 8.** Zonas de liberación (áreas diseñadas con líneas gruesas) y zonas de recaptura (áreas con cifras) de barriletes liberados frente a Costa Rica y Panamá en abril de 1980. Las cifras en un círculo indican las recapturas de 1981.



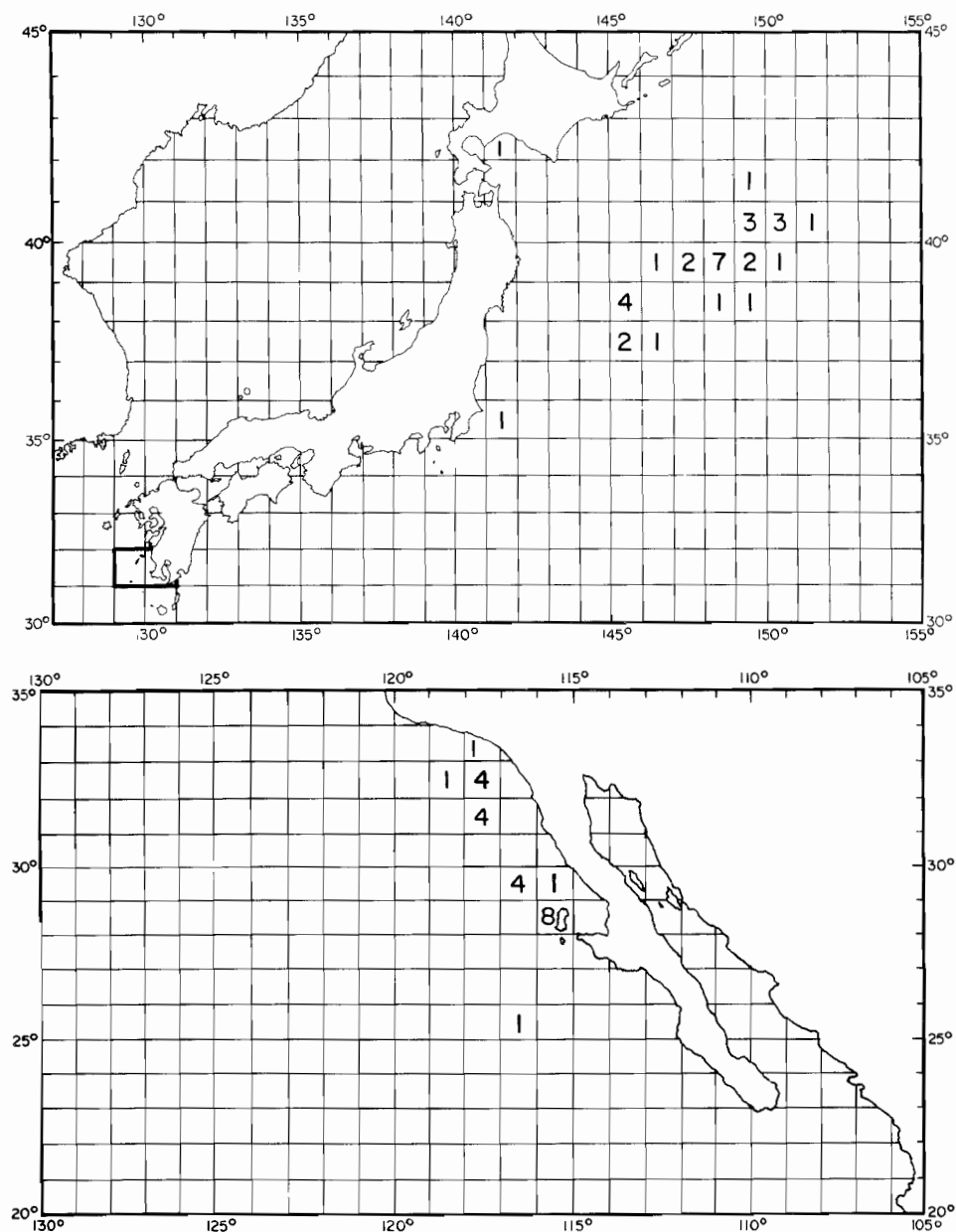
**FIGURE 9.** Areas of release (areas delineated by heavy lines) and areas of recapture (areas with numerals) for tagged yellowfin released off Costa Rica and Panama during April 1981.

**FIGURA 9.** Zonas de liberación (áreas diseñadas con líneas gruesas) y zonas de recaptura (áreas con cifras) de atún aleta amarilla liberados frente a Costa Rica y Panamá en abril de 1981.



**FIGURE 10.** Areas of release (areas delineated by heavy lines) and areas of recapture (areas with numerals) for tagged skipjack released off Costa Rica and Panama during April 1981.

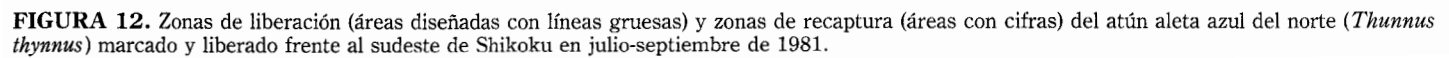
**FIGURA 10.** Zonas de liberación (áreas diseñadas con líneas gruesas) y zonas de recaptura (áreas con cifras) de barriletes liberados frente a Costa Rica y Panamá en abril de 1981.

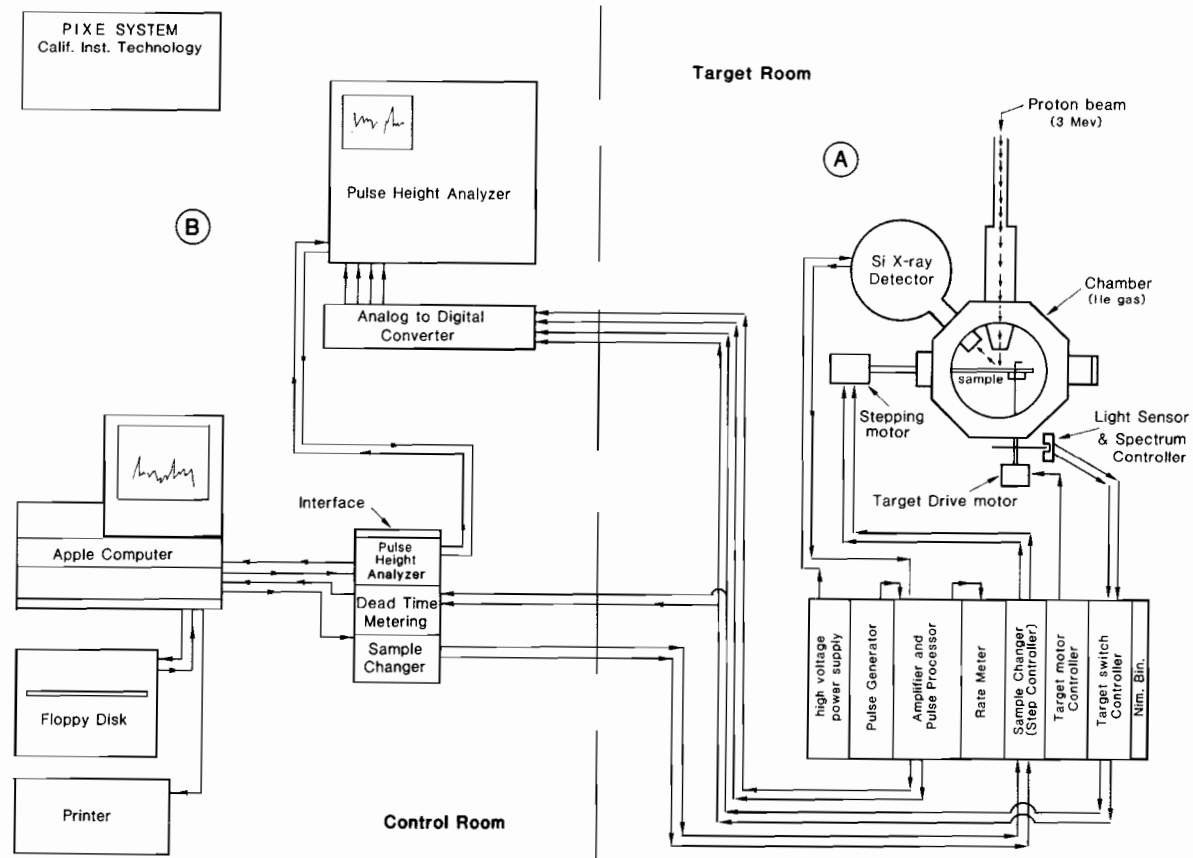


**FIGURE 11.** Areas of release (areas delineated by heavy lines) and areas of recapture (areas with numerals) for tagged northern bluefin released off southern Japan during January-April 1980 and recaptured in the western (top panel) and eastern (bottom panel) Pacific in 1981.

**FIGURA 11.** Zonas de liberación (áreas diseñadas con líneas gruesas) y zonas de recaptura (áreas con cifras) de atún aleta azul del norte (*Thunnus thynnus*) marcado y liberado frente a la parte meridional del Japón en enero-abril de 1980 y recapturado en el Pacífico occidental (recuadro superior) y oriental (recuadro inferior) en 1981.

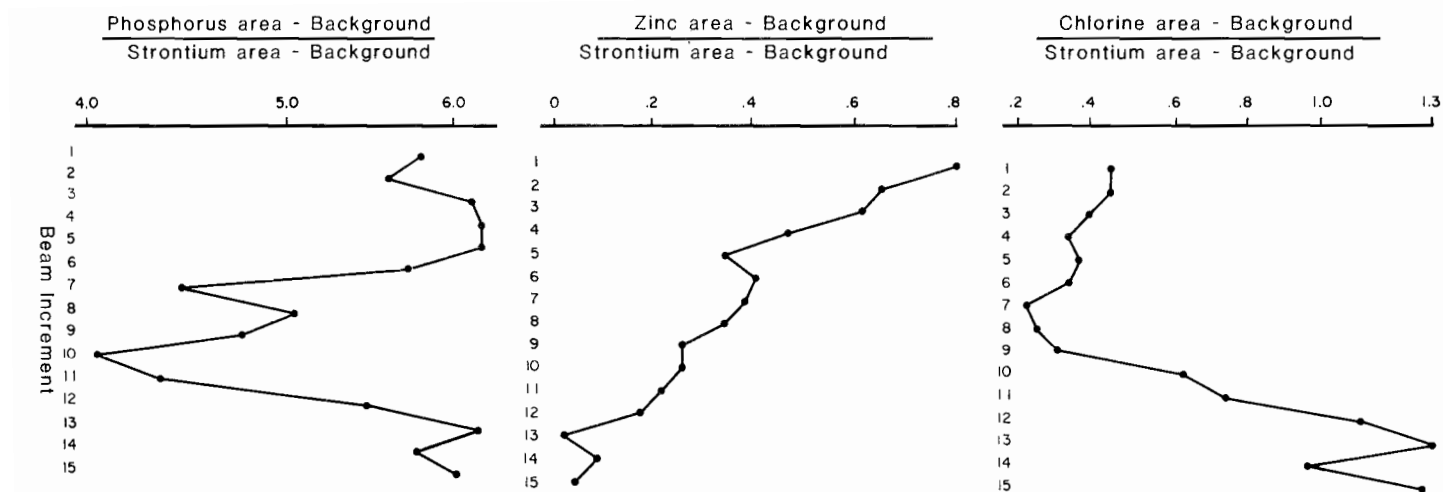






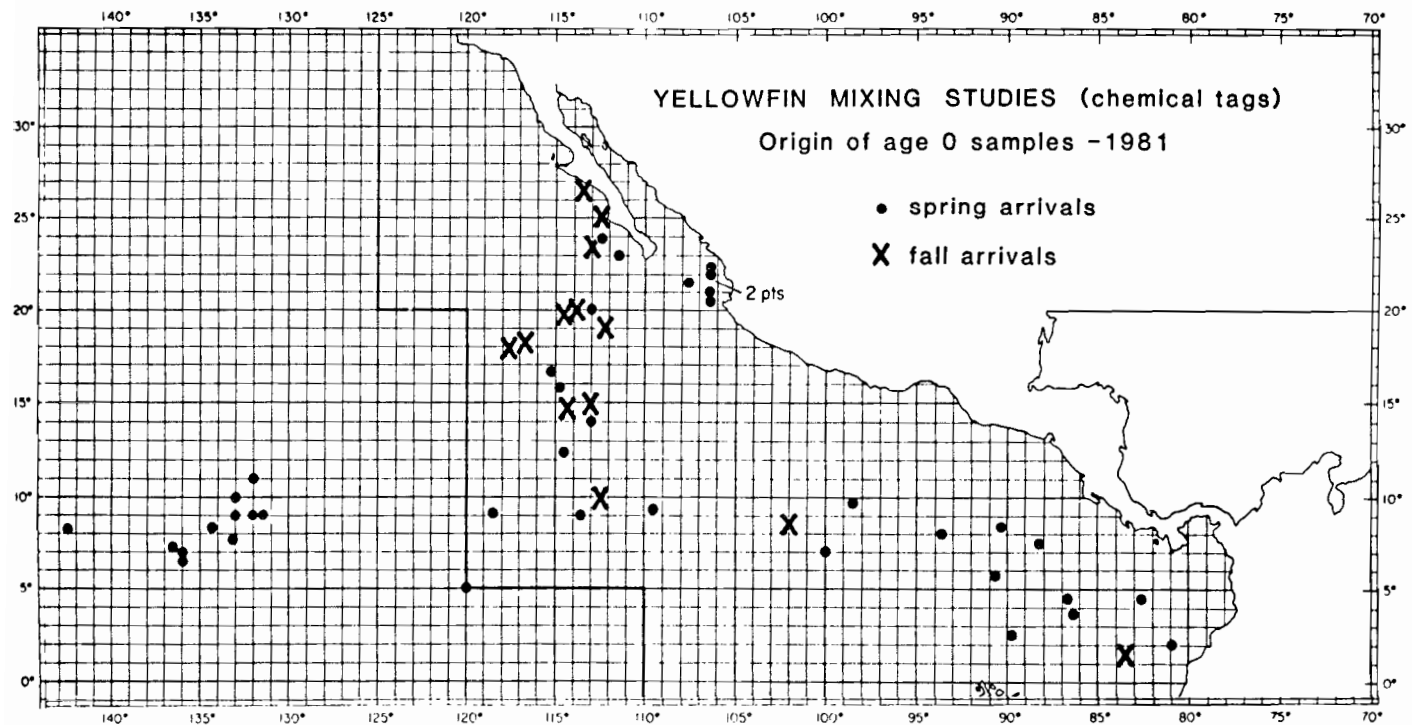
**FIGURE 13.** Schematic diagram of PIXE control and data acquisition system.

**FIGURA 13.** Diagrama esquemático del sistema PIXE de control y adquisición de datos.



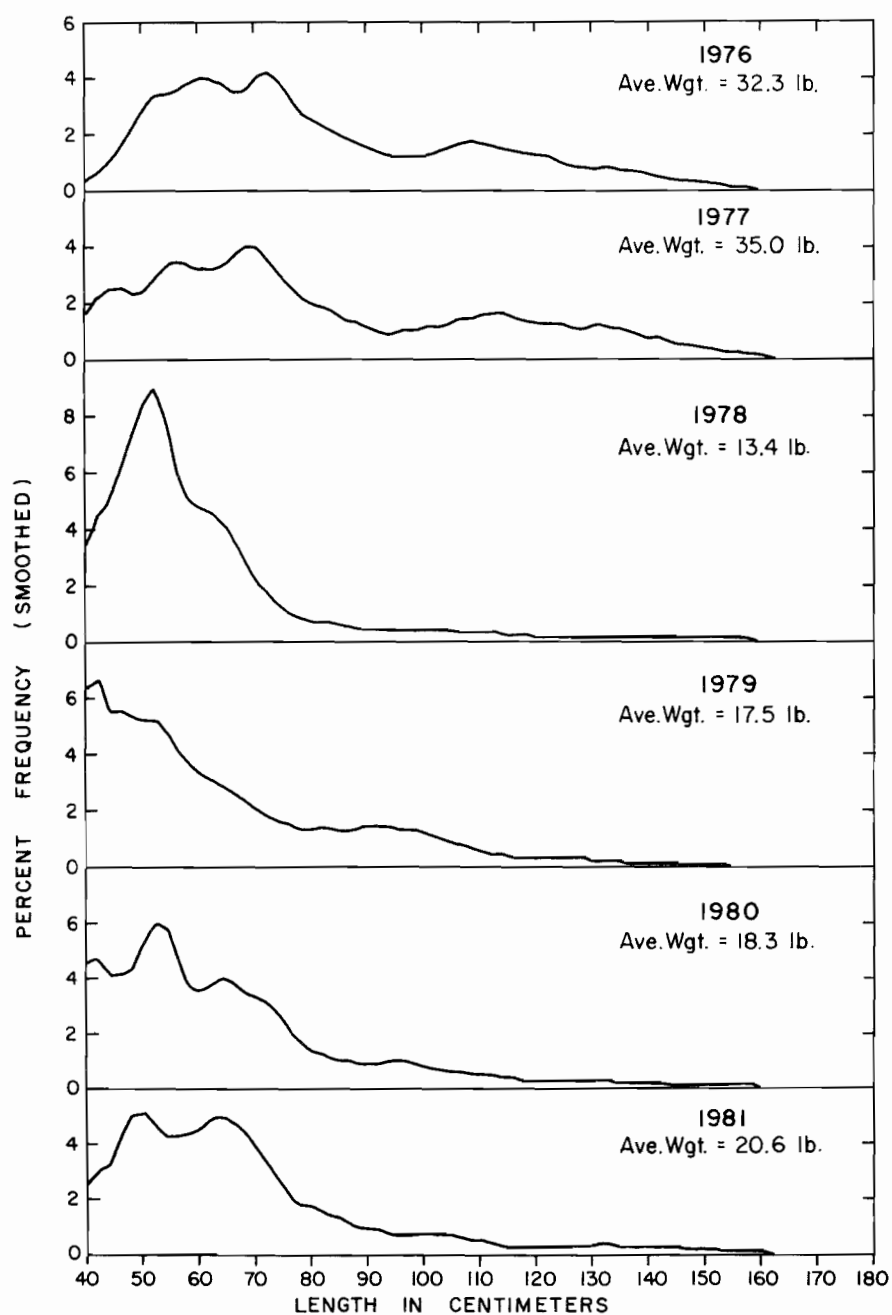
**FIGURE 14.** Chlorine, zinc, and phosphorus areas divided by strontium area, and plotted against beam increment (.8mm interval) from center to lateral edge (Atlantic bluefin sample C).

**FIGURA 14.** Zonas de cloro, cinc y fósforo divididas por áreas de estroncio y graficadas contra el incremento del haz (.8 mm de intervalo) desde el centro al borde lateral (muestra C del atún aleta azul del Atlántico).



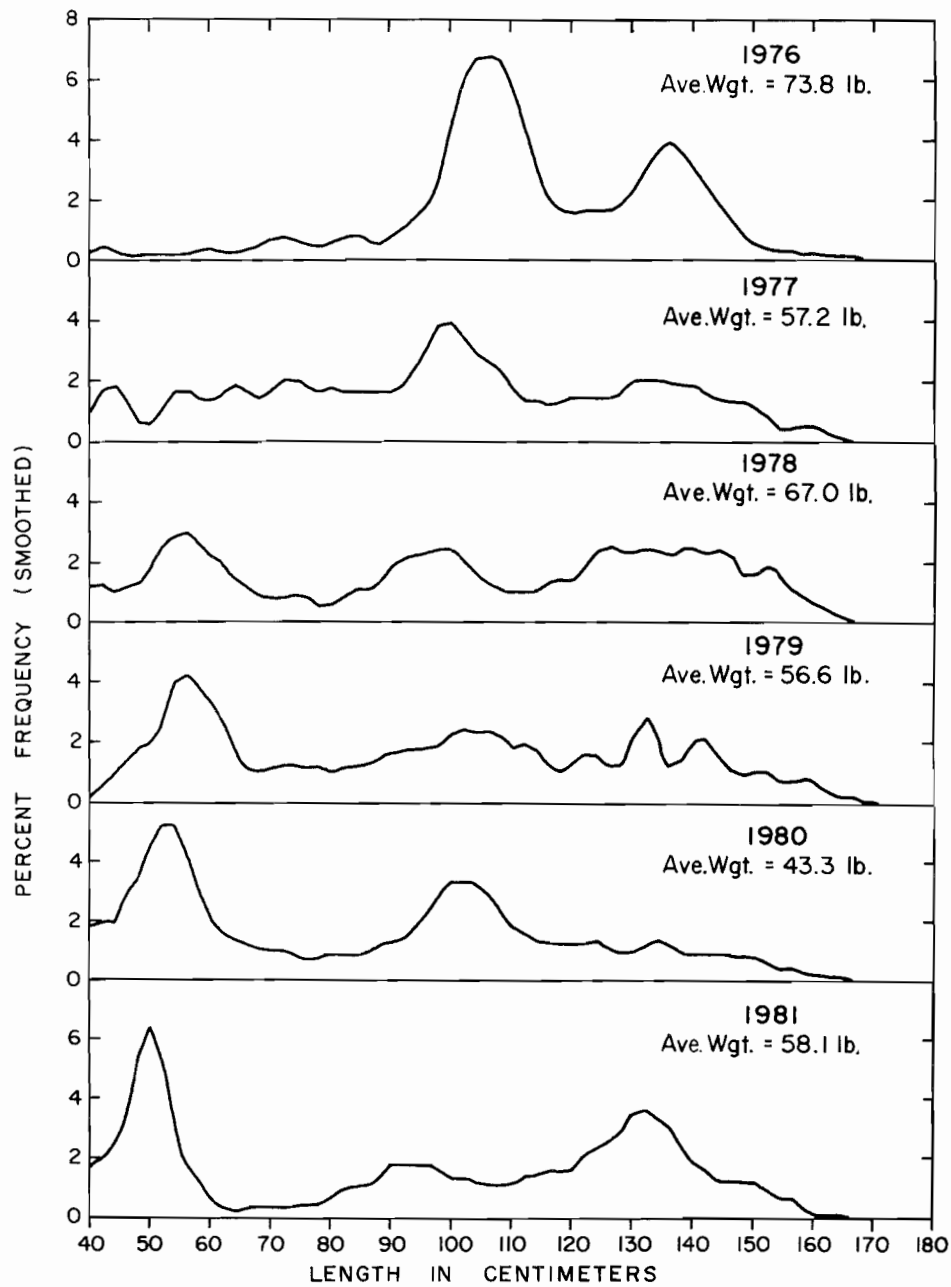
**FIGURE 15.** Distribution of yellowfin tuna samples taken in 1981 for the stock structure study.

**FIGURA 15.** Distribución de las muestras de atún aleta amarilla obtenidas en 1981 para el estudio de la estructura de la población.



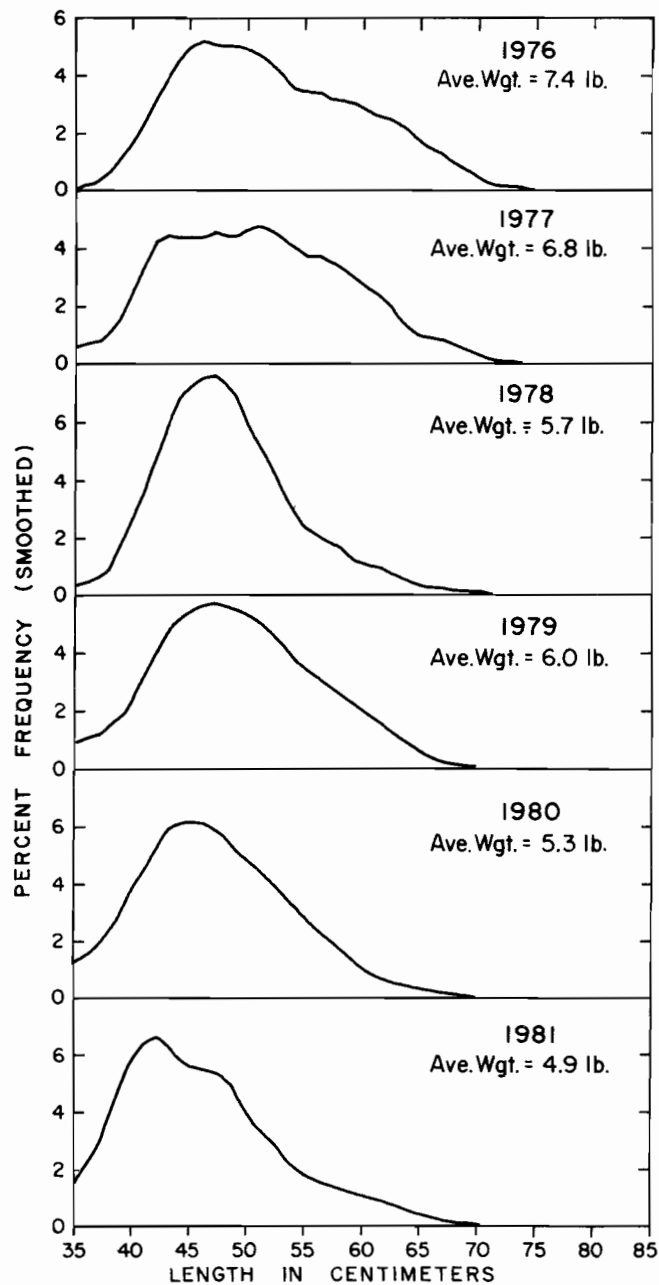
**FIGURE 16.** Length-frequency distributions of yellowfin samples in the CYRA, 1976-1981.

**FIGURA 16.** Distribución frecuencia-talla del atún aleta amarilla muestreado en el ARCAA, 1976-1981.



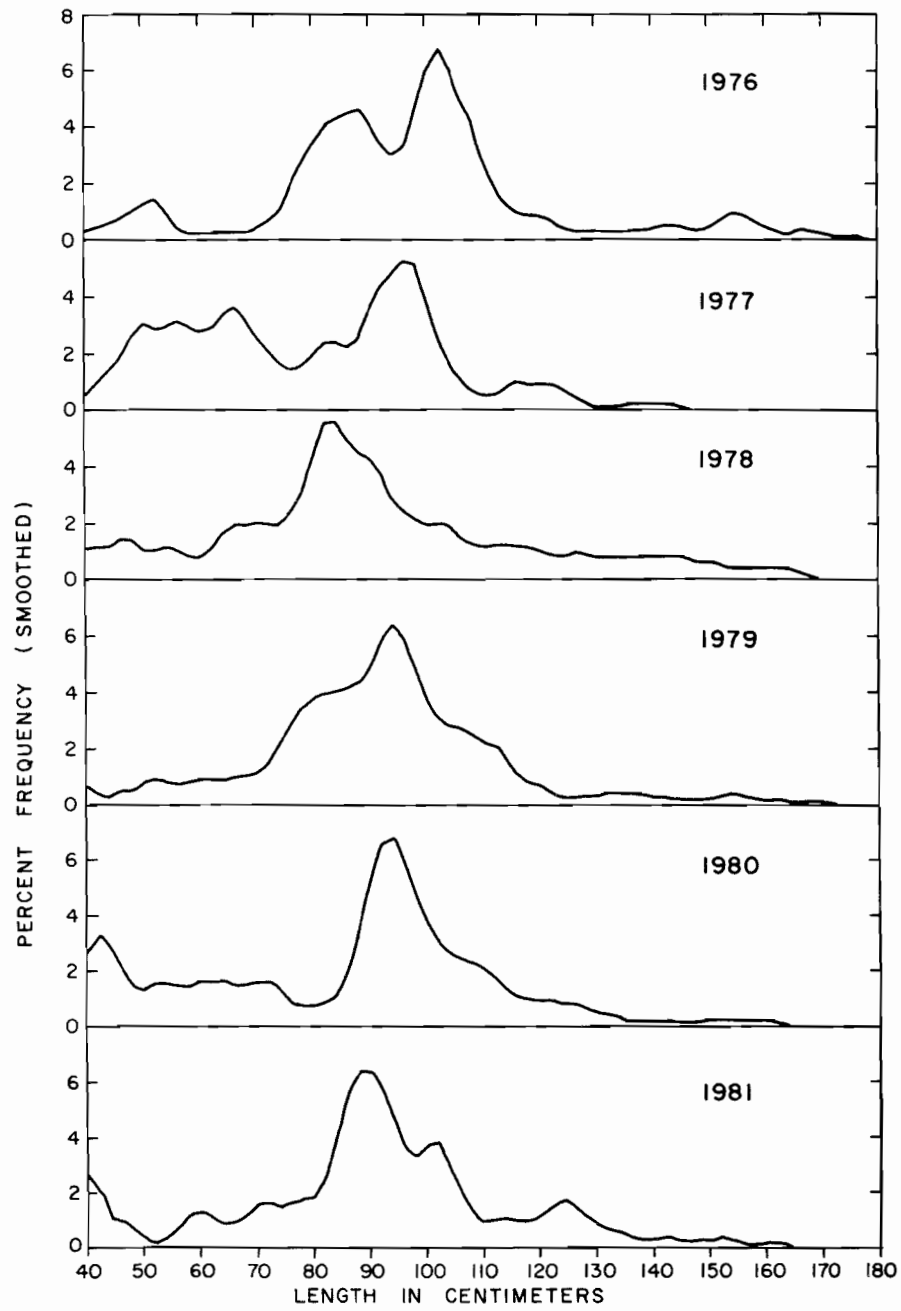
**FIGURE 17.** Length-frequency distributions of yellowfin samples between the CYRA boundary and 150°W, 1976-1981.

**FIGURA 17.** Distribución frecuencia-talla del atún aleta amarilla muestreado entre el límite del ARCAA y los 150°W, 1976-1981.



**FIGURE 18.** Length-frequency distributions of skipjack samples from the eastern Pacific Ocean, 1976-1981.

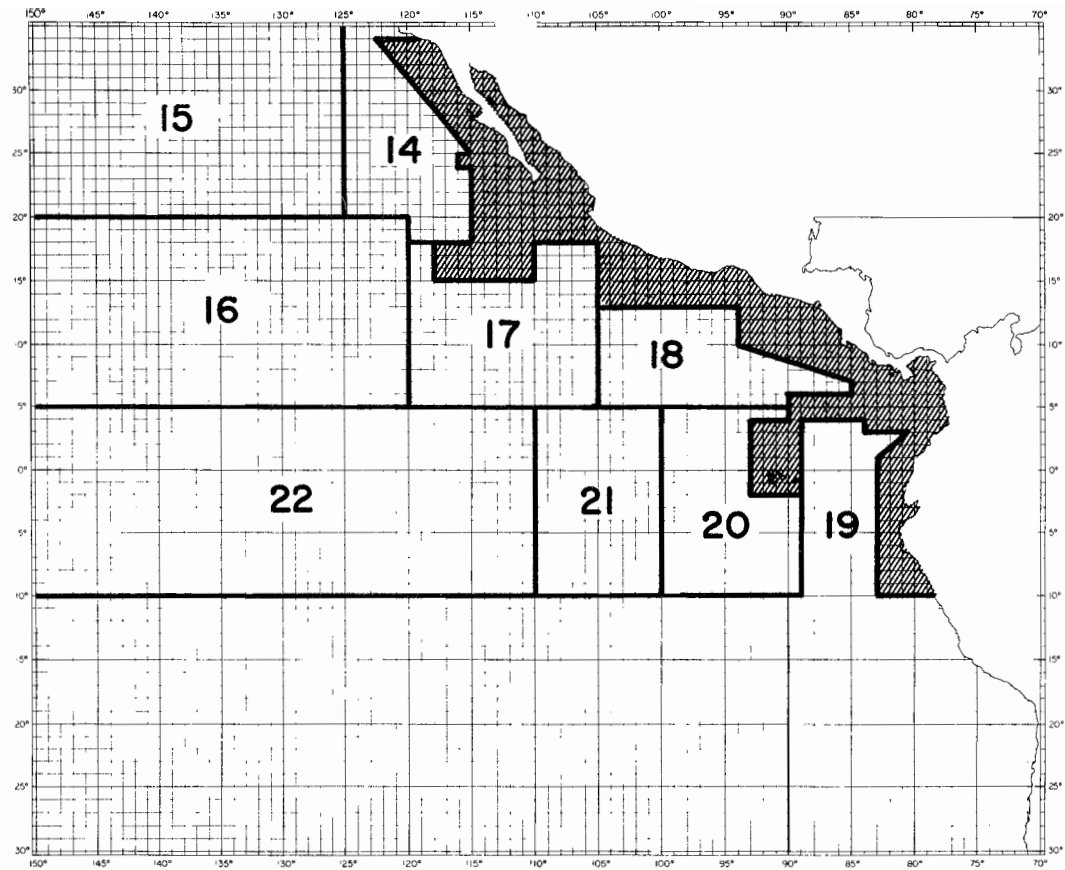
**FIGURA 18.** Distribución frecuencia-talla del barrilete muestreado en el Océano Pacífico oriental, 1976-1981.



**FIGURE 19.** Length-frequency distributions of bigeye samples in the CYRA, 1976-1981.

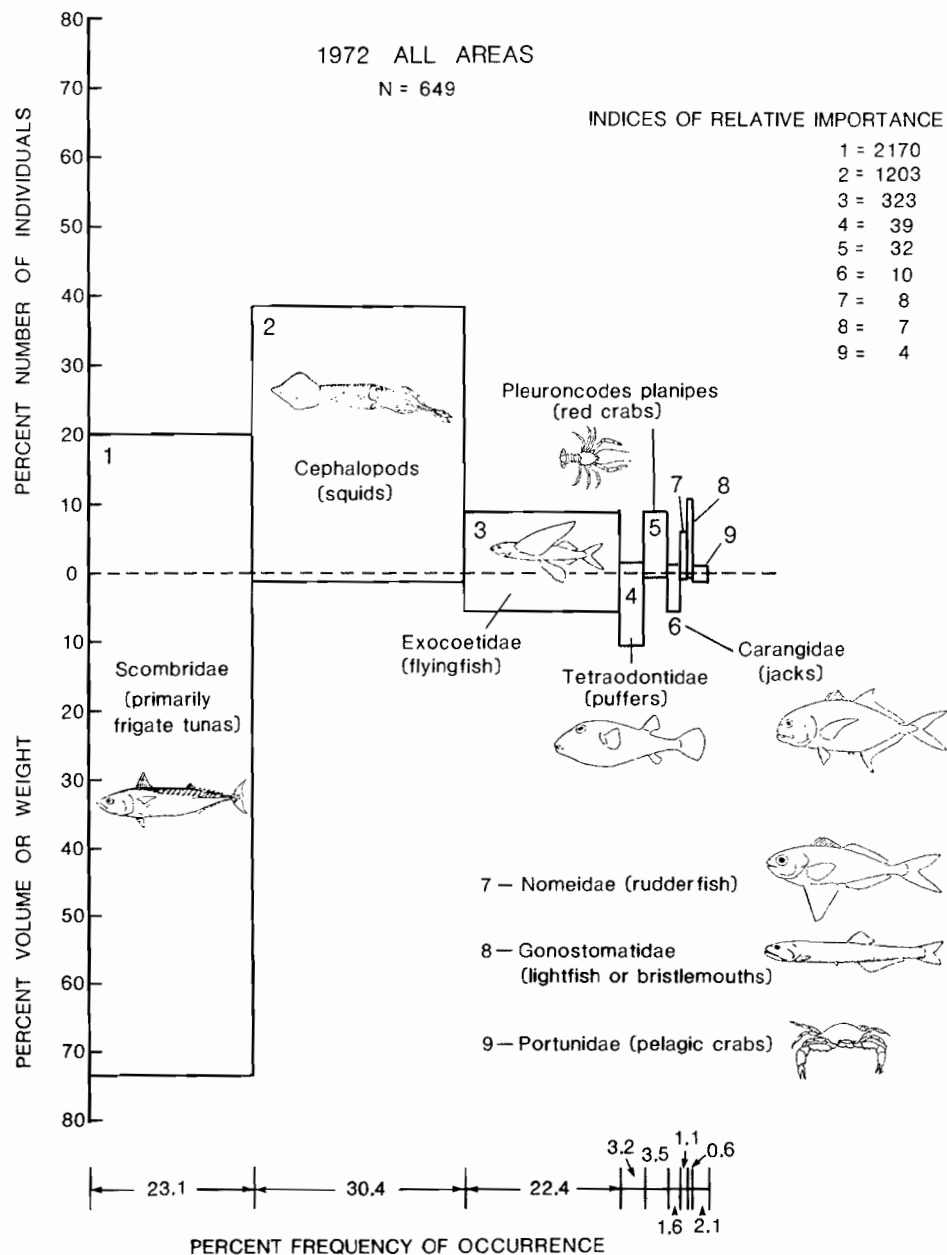
**FIGURA 19.** Distribución frecuencia-talla del *Thunnus obesus* muestreado en el ARCAA, 1976-1981.





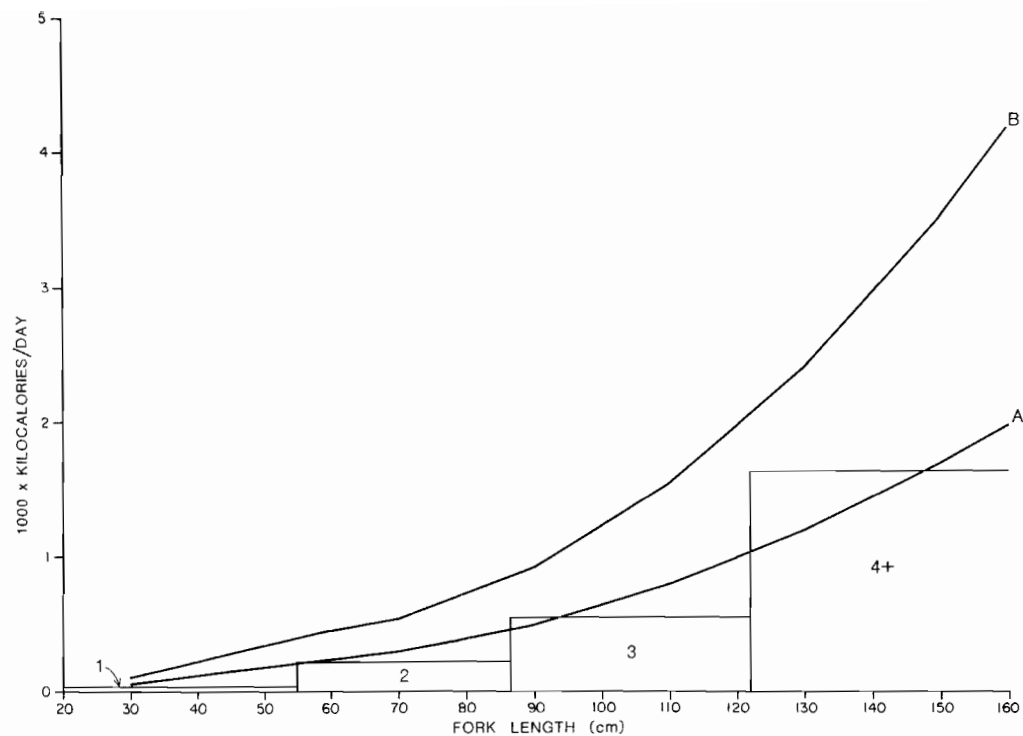
**FIGURE 20.** Sample areas in the offshore eastern Pacific Ocean from which stomach samples of yellowfin were taken from 1970 through 1973.

**FIGURA 20.** Zonas de muestreo de altura en el Océano Pacífico oriental, en las que se obtuvieron muestras estomacales de atún aleta amarilla desde 1970 hasta 1973.



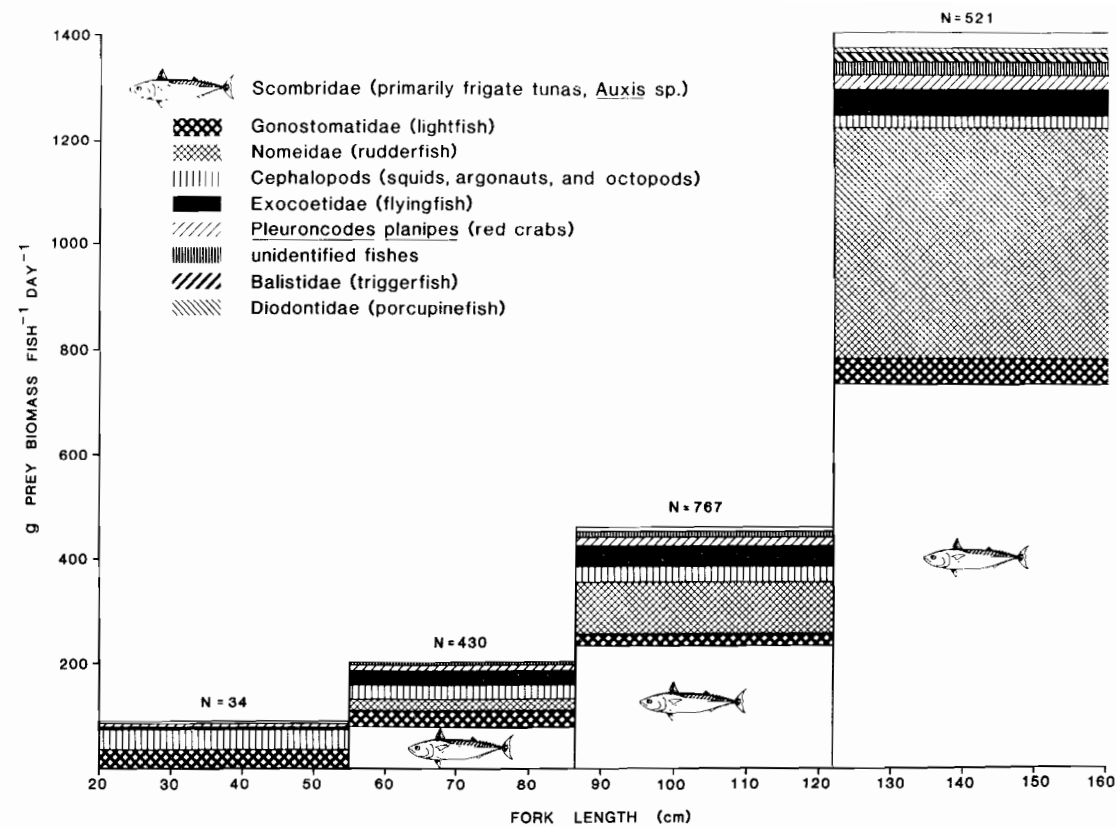
**FIGURE 21.** Graphical representation of indices of relative importance (IRI) of the principle food organisms found in the stomachs of 649 yellowfin sampled during 1972.

**FIGURA 21.** Representación gráfica de los índices de relativa importancia (IRI) de los organismos principales de alimento encontrados en los estómagos de 649 atunes aleta amarilla muestreados en 1971.



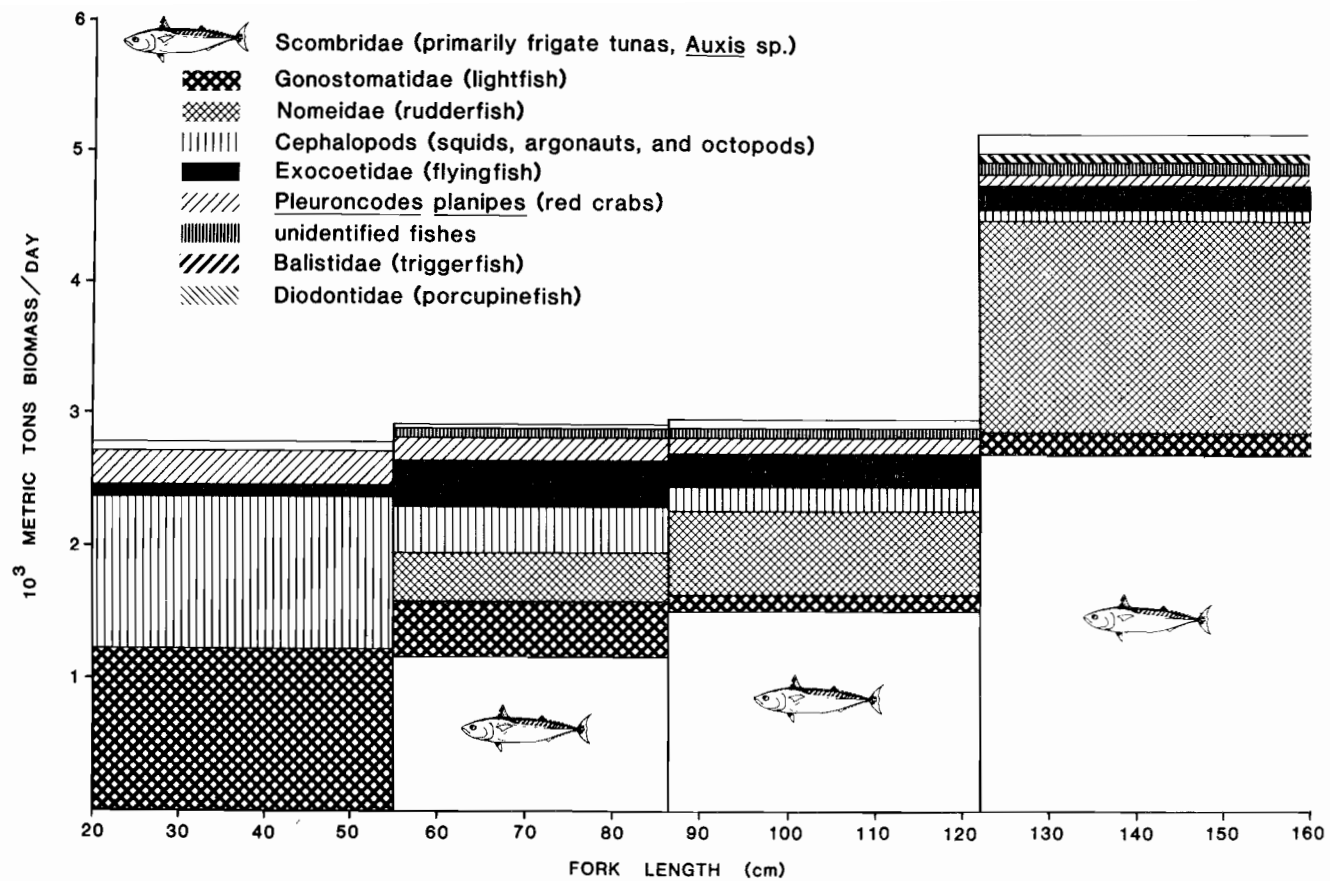
**FIGURE 22.** Estimates of calories consumed per fish per day (daily meal) by yellowfin of four size strata approximating age-classes 1, 2, 3, and 4 + generated by a feeding model using stomach samples. Lines A and B represent the calories per day necessary to support the energetic costs of maintenance, growth, and swimming at typical field levels comparable to 2x and 3x routine metabolic rates, respectively.

**FIGURA 22.** Estimaciones (provenientes del modelo de alimentación) de las calorías consumidas por el atún aleta amarilla, por pez y por día, en cuatro estratos de talla que se aproximan a las generaciones de 1, 2, 3 y 4+ años. Las líneas A y B representan las calorías por día necesarias para sostener el consumo de energía del mantenimiento, crecimiento y natación a los niveles típicos experimentales comparables respectivamente a los índices metabólicos rutinarios de 2X y 3X.



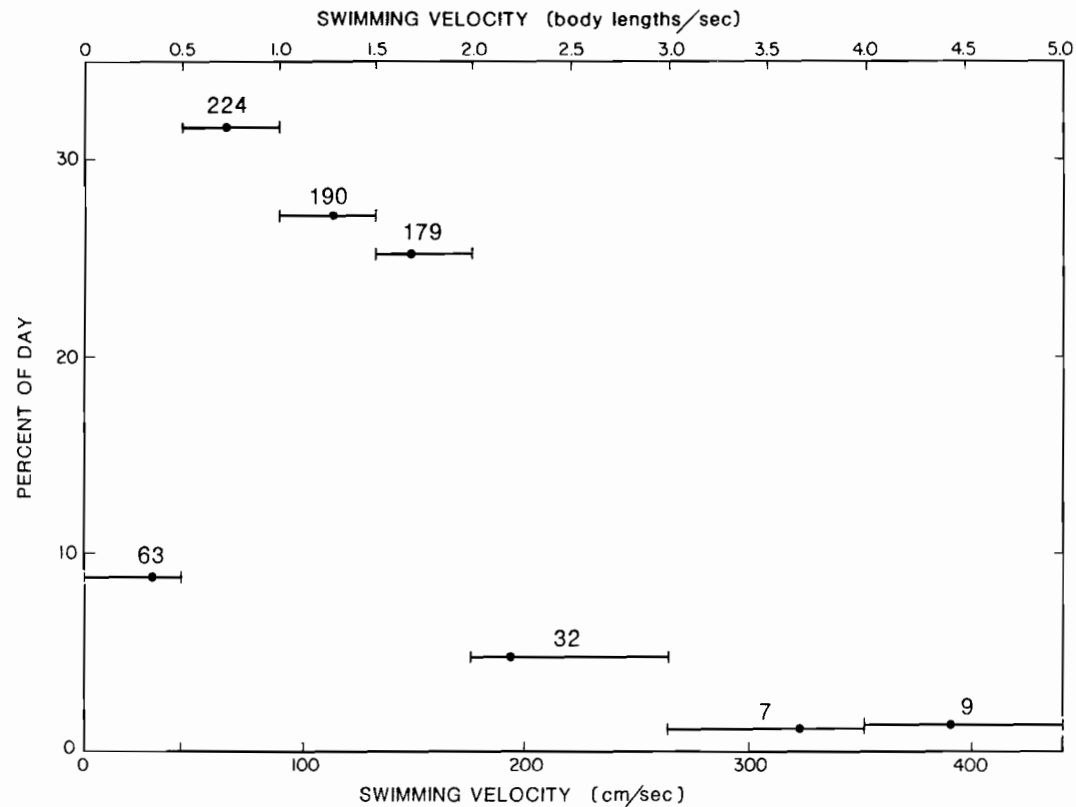
**FIGURE 23.** Estimates of the mean prey biomass eaten per yellowfin in four size strata per day based on a model utilizing 1970 stomach contents data of yellowfin and measurements of gastric evacuation rates of yellowfin in the laboratory.

**FIGURA 23.** Estimaciones de la media de la biomasa de la presa consumida por día por el atún aleta amarilla en cuatro estratos de talla, basadas en un modelo que utiliza los datos de 1970, del contenido estomacal del aleta amarilla y por el cálculo obtenido en el laboratorio de los índices de la evacuación gástrica del aleta amarilla.



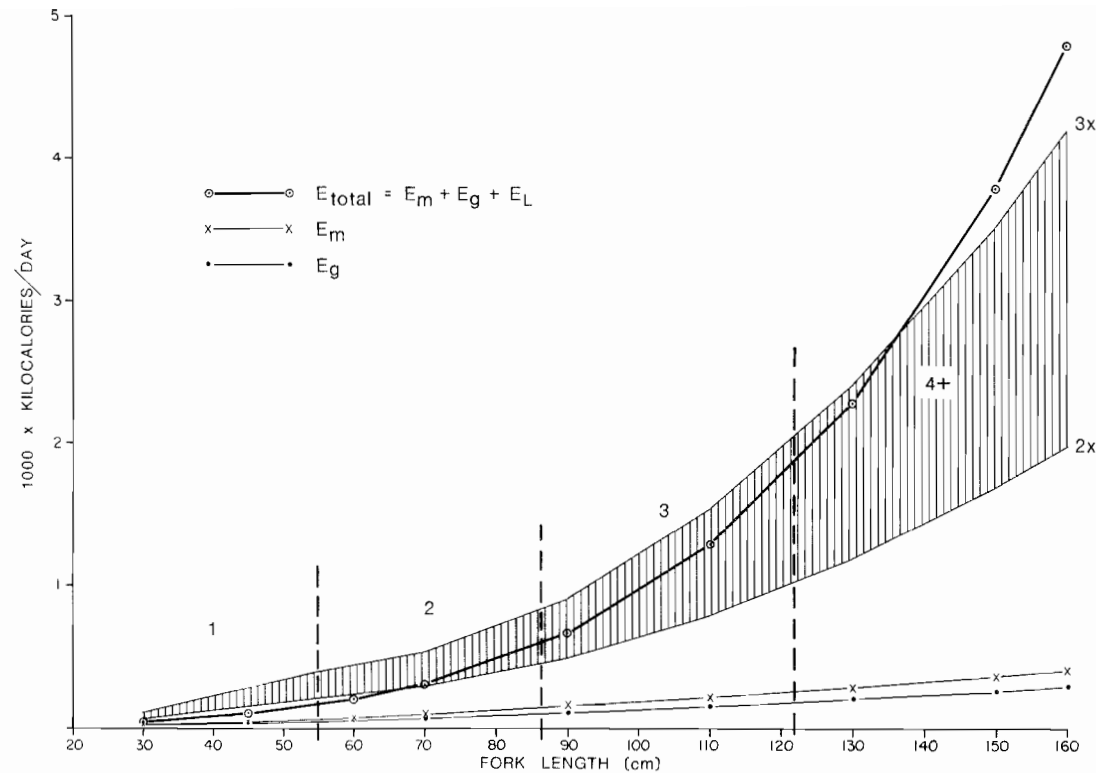
**FIGURE 24.** Estimates of prey biomass eaten by the CYRA yellowfin population per day in 1970 based on a feeding model and cohort analysis.

**FIGURA 24.** Estimaciones de la biomasa de la presa ingerida diariamente por la población del aleta amarilla en el ARCAA en 1970, basadas en el modelo de alimentación y en el análisis de las generaciones.



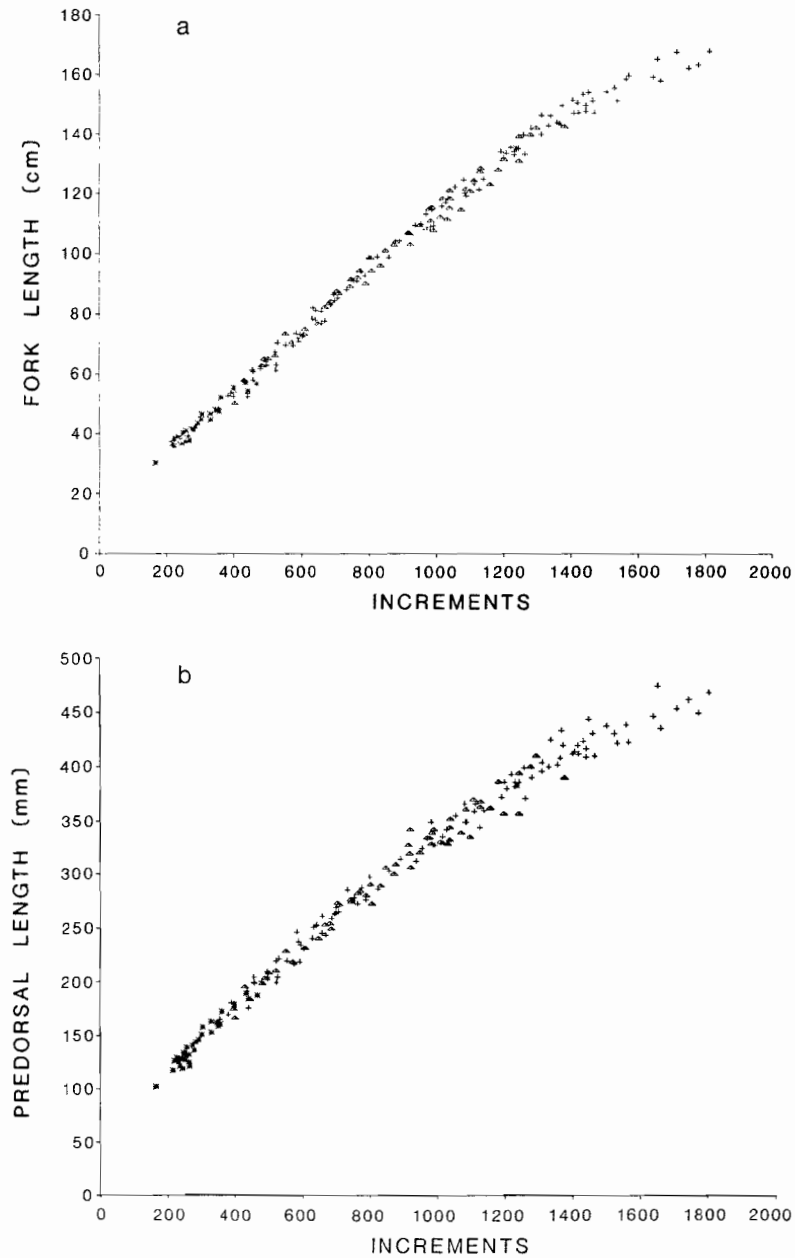
**FIGURE 25.** Swimming velocities of two yellowfin (Nos. 2 and 3) versus the percentage of a 24-hour day spent at those velocities. The dots represent the mean velocities of those within the range of the bracketed horizontal lines. The numbers above the lines are the number of observations in that range.

**FIGURA 25.** Velocidad de natación de dos atunes aleta amarilla (Nos. 2 y 3) versus el porcentaje de un día de 24 horas gastado a esas velocidades. Los puntos representan la media de la velocidad de aquellos que se encuentran dentro del límite de las líneas horizontales entre paréntesis. Las cifras sobre las líneas representan la cantidad de observaciones en ese intervalo.



**FIGURE 26.** Estimates of the calories utilized per day by yellowfin of various sizes for maintenance ( $E_m$ ), growth ( $E_g$ ), locomotion ( $E_L$ ), and the total of  $E_m + E_g + E_L$ . The shaded band is bordered by lines representing the calories required to operate in nature at swimming velocities equivalent to 2x (lower line) and 3x routine metabolic rates (upper line) measured in a respirometer.

**FIGURA 26.** Estimaciones de las calorías utilizadas diariamente por atunes aleta amarilla de varias tallas para su mantenimiento ( $E_m$ ), natación ( $E_L$ ), crecimiento ( $E_g$ ), y el total de  $E_m + E_g + E_L$ . La banda sombreada se encuentra bordeada por líneas que representan las calorías necesarias para funcionar en el mar a velocidades de natación equivalentes a 2X (línea inferior) y 3X el índice metabólico rutinario (línea superior) medidas por un respirómetro.



**FIGURE 27.** Growth relationships of yellowfin tuna based on otolith increments. a) fork length, b) predorsal length, c) head length, d) gross weight, e) otolith weight and f) postrostrum length. Legend: + males,  $\Delta$  females; \* indeterminate sex.

**FIGURA 27.** Relación del crecimiento del atún aleta amarilla basada en los incrementos de los otolitos. a) longitud de horquilla, b) longitud predorsal, c) longitud de la cabeza, d) peso bruto, e) peso del otolito y f) longitud del postrostrum. Anotación: + machos;  $\Delta$  hembras, \* sexo indeterminado.



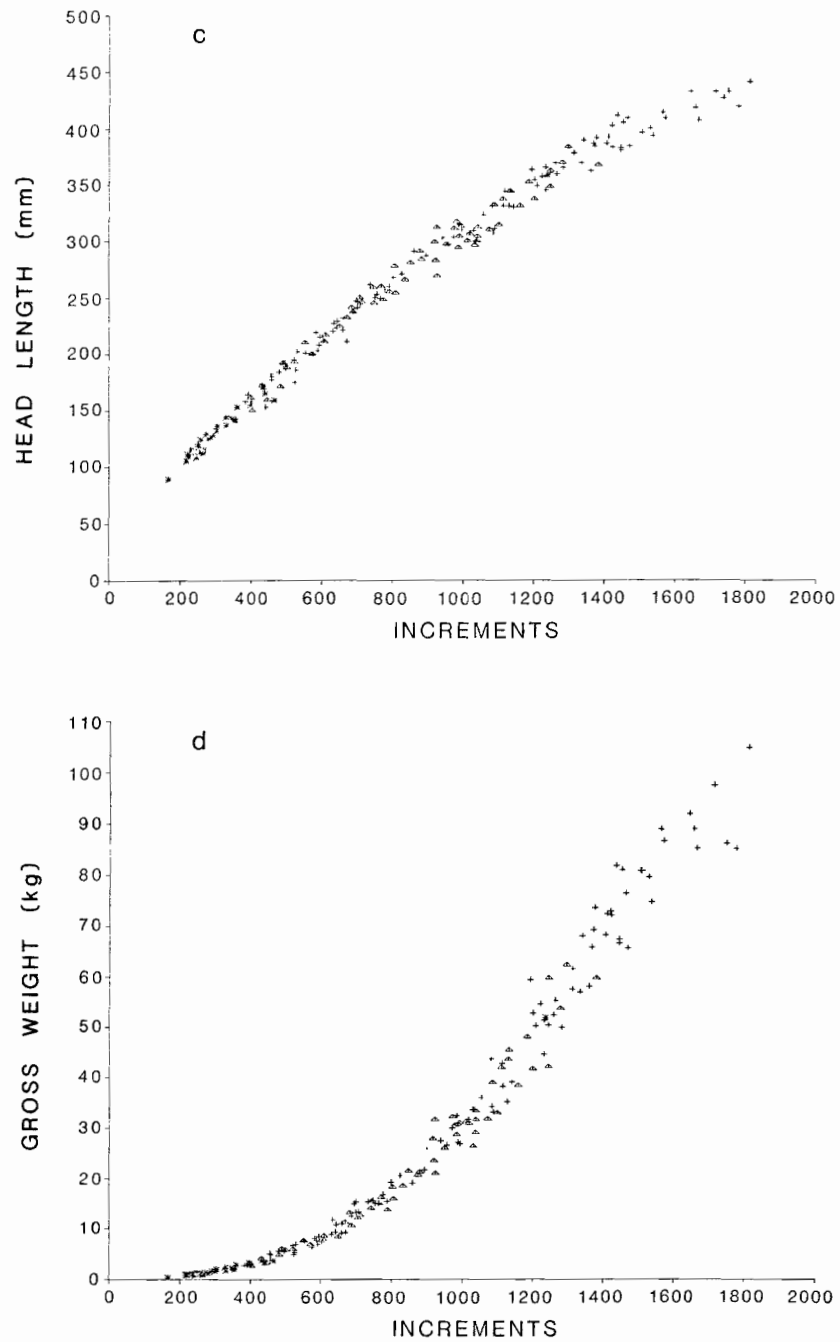


FIGURE 27. Continued

FIGURA 27. Continuación

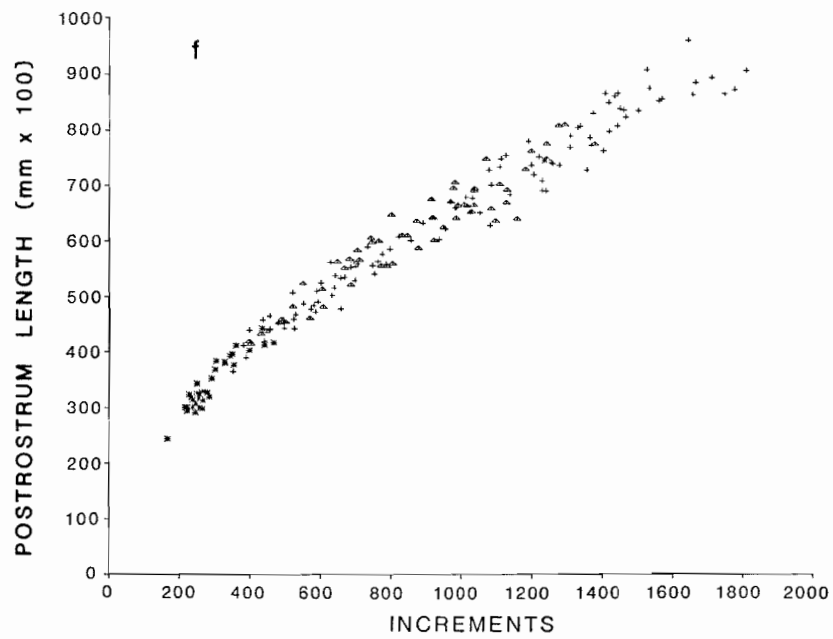
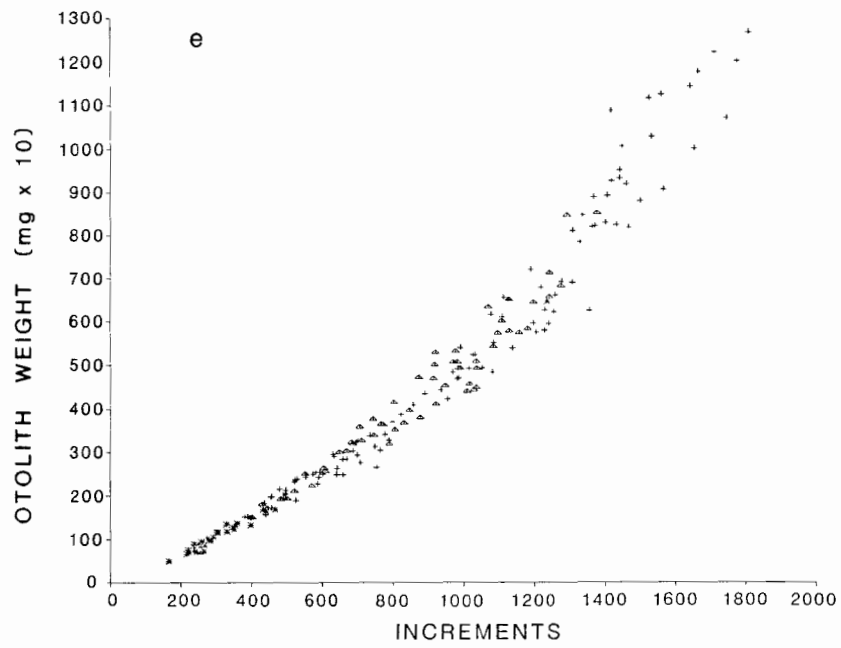
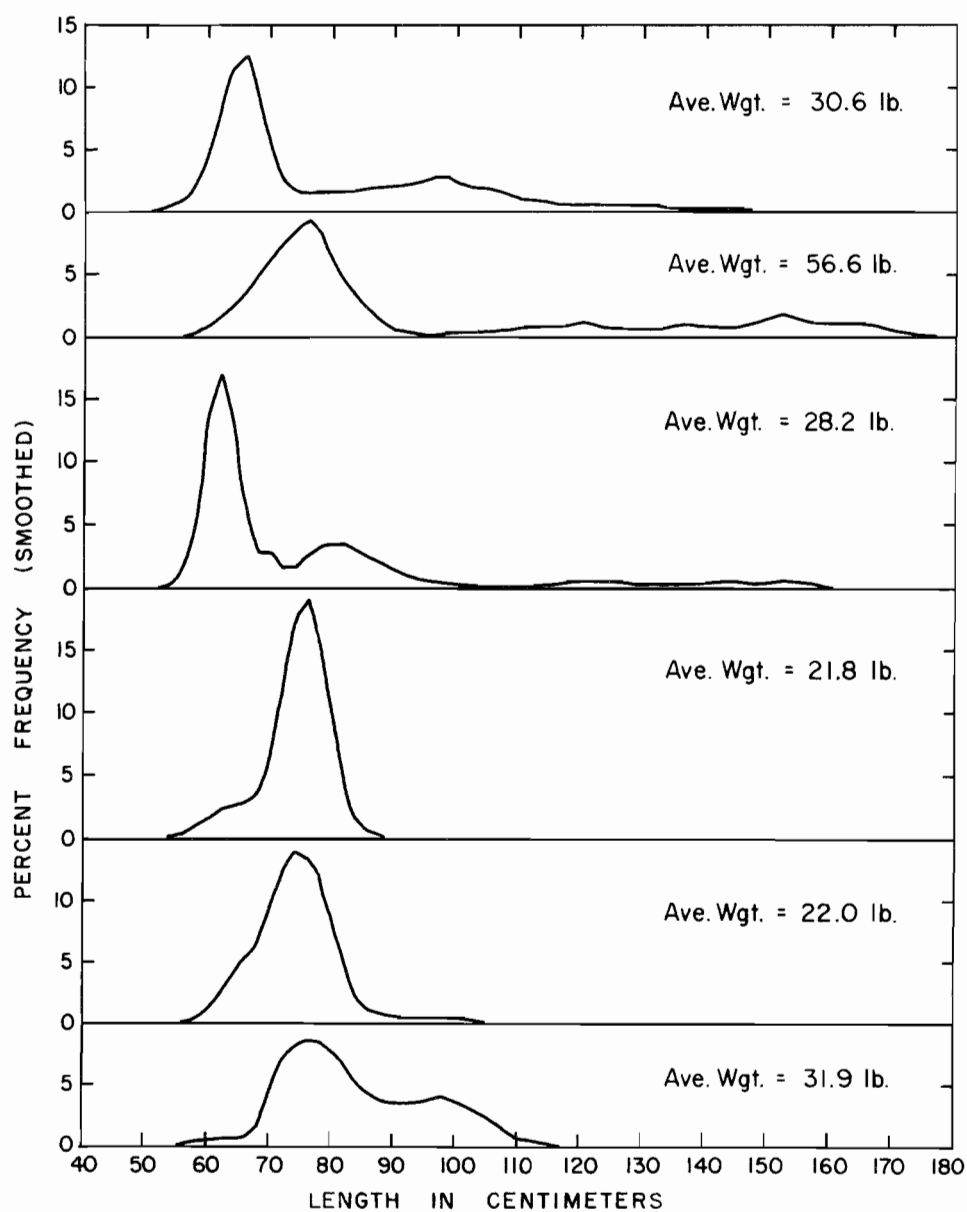


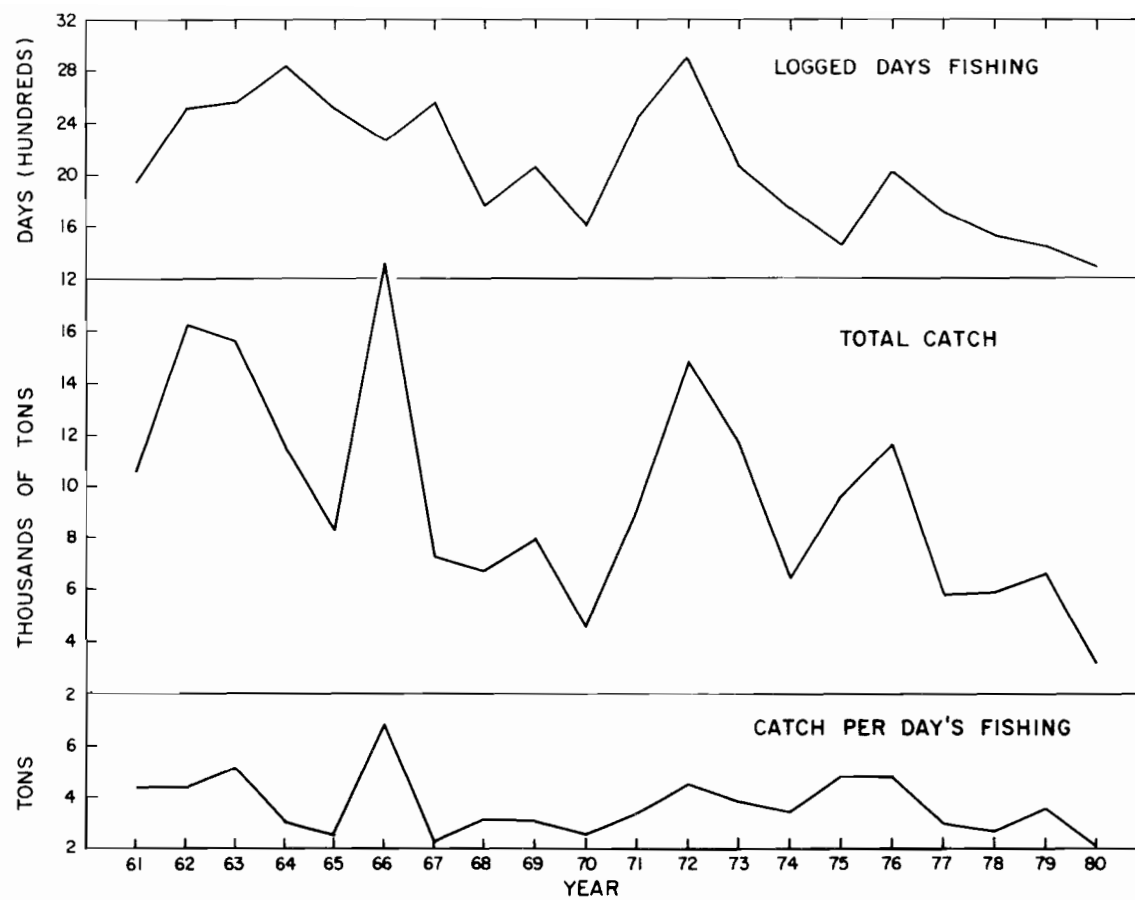
FIGURE 27. Continued

FIGURA 27. Continuación



**FIGURE 28.** Length-frequency distributions of bluefin samples in the CYRA, 1976-1981.

**FIGURA 28.** Distribución frecuencia-talla del *Thunnus thynnus* muestreado en el ARCAA, 1976-1981.



**FIGURE 29.** Fishing effort, total catch, and catch per day's fishing for bluefin, 1961–1980.

**FIGURA 29.** Esfuerzo de pesca, captura total y captura por día de pesca del *Thunnus thynnus*, 1961-1980.

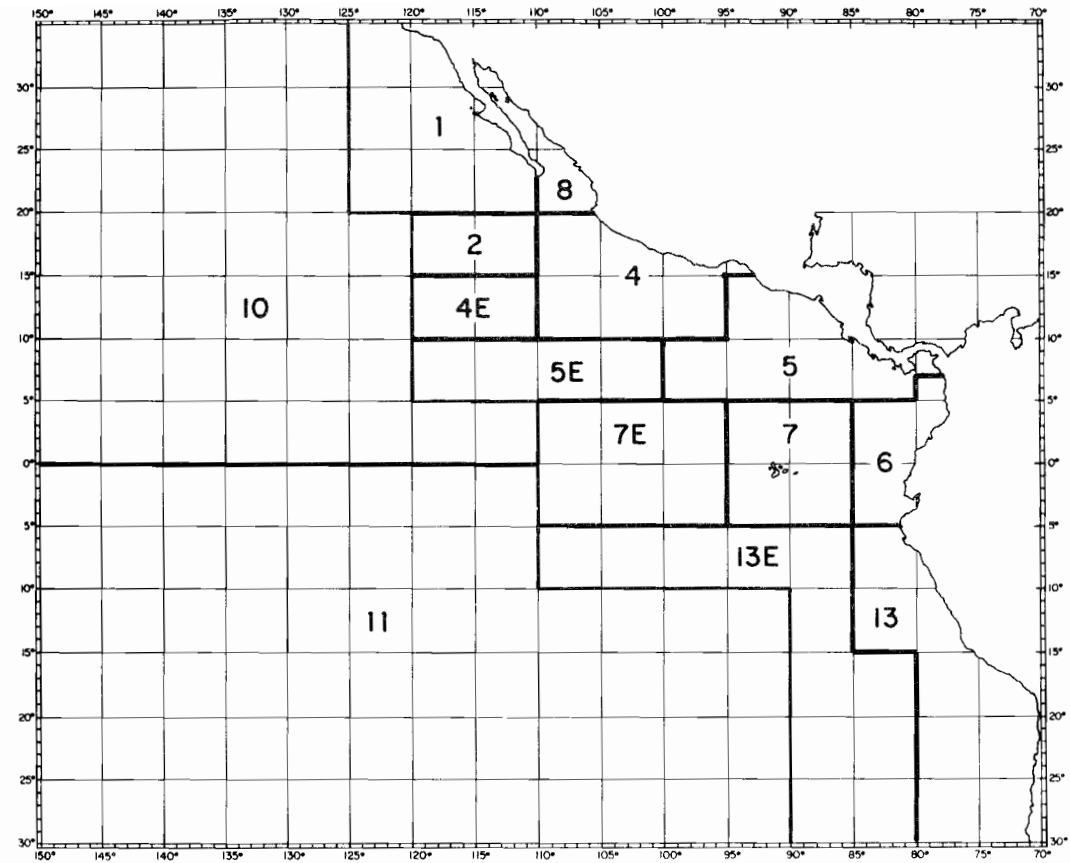
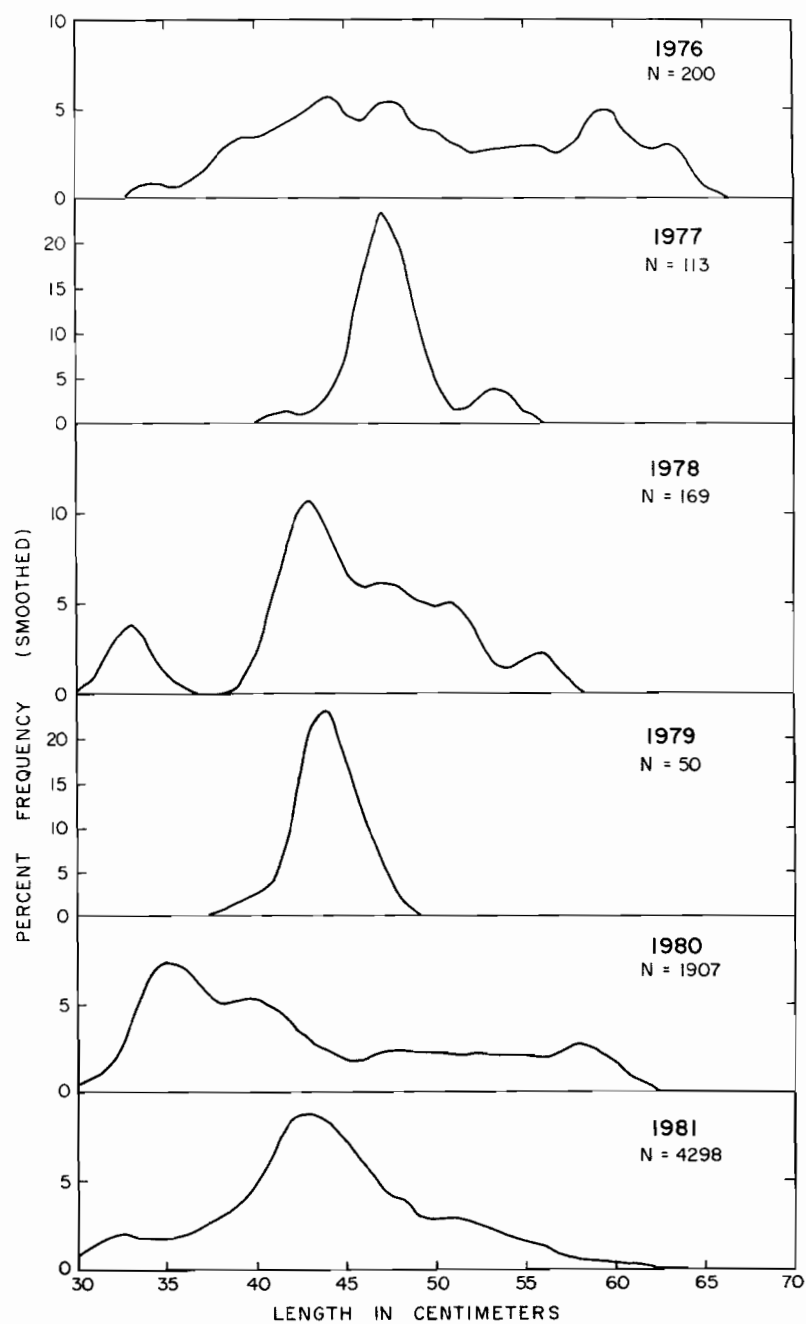


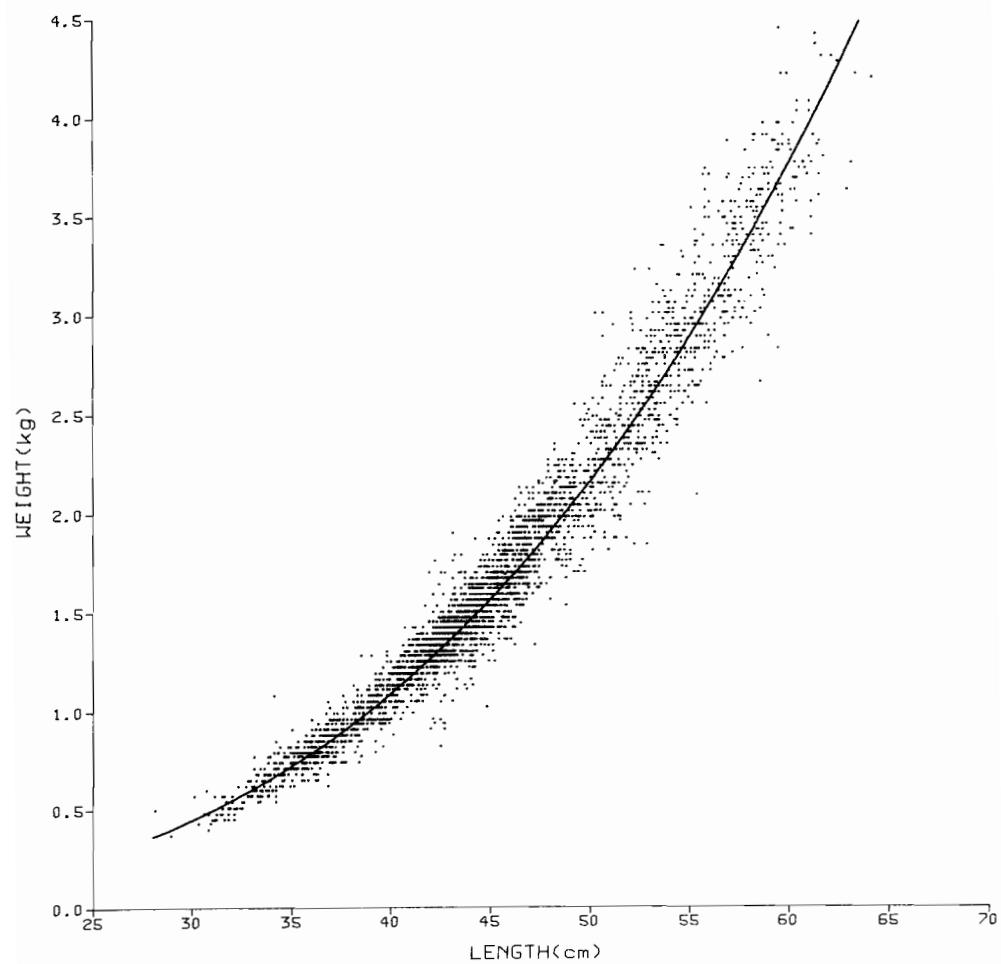
FIGURE 30. Areas used for the sampling of black skipjack.

FIGURA 30. Zonas empleadas para el muestreo del *Euthynnus lineatus*.



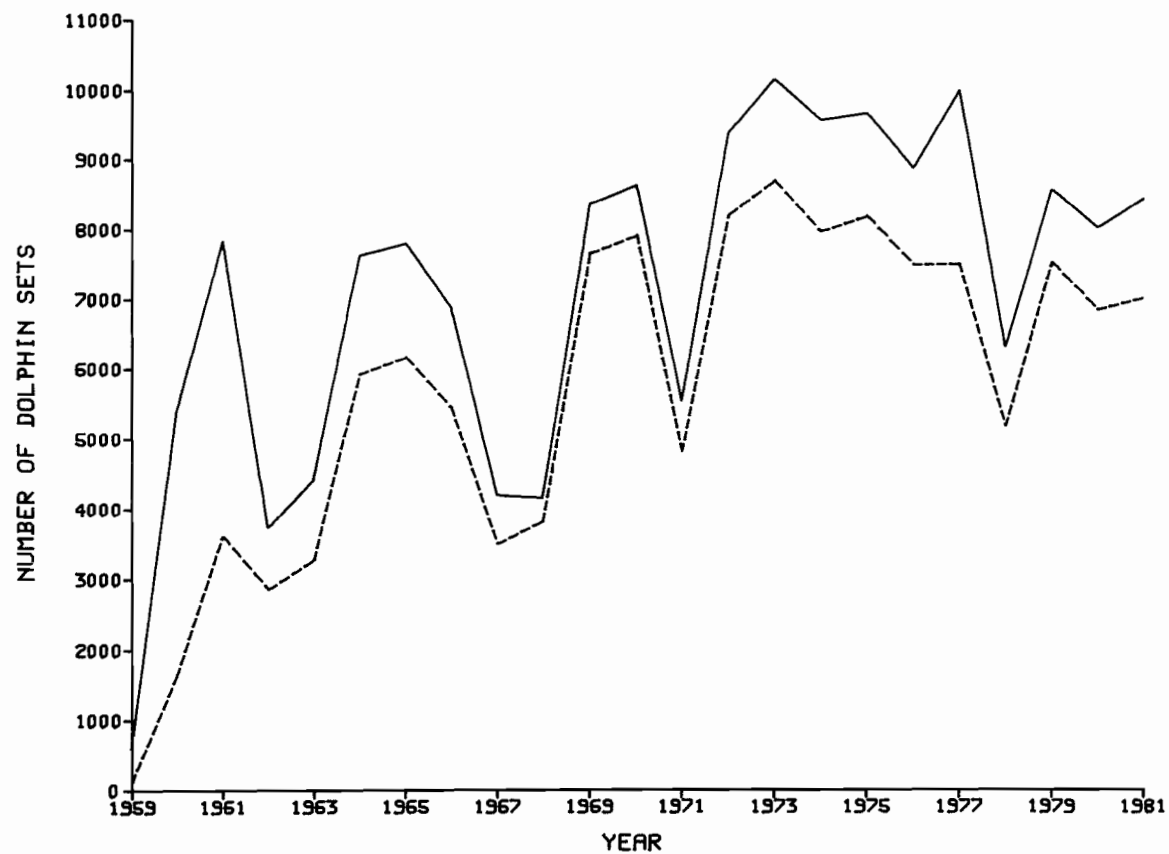
**FIGURE 31.** Length-frequency distributions of black skipjack samples in the CYRA, 1976-1981.

**FIGURA 31.** Distribución frecuencia-talla de las muestras de *Euthynnus lineatus* en el ARCAA, 1976-1981.



**FIGURE 32.** Regression of round weight on straight fork length for 3,267 black skipjack, 1980-1981.

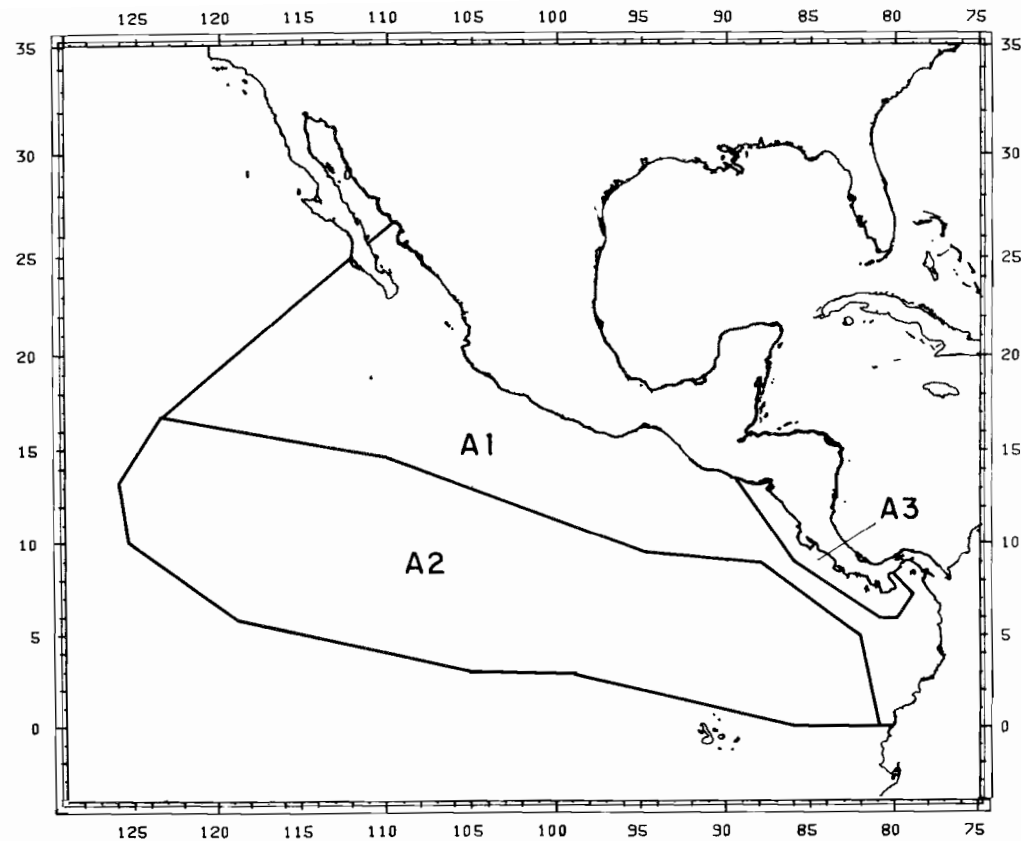
**FIGURA 32.** Regresión del peso entero en la longitud de horquilla recta de 3,267 *Euthynnus lineatus* 1980-1981.



**FIGURE 33.** Annual numbers of dolphin sets. The dashed line represents identified sets and the solid line represents identified plus estimated sets.

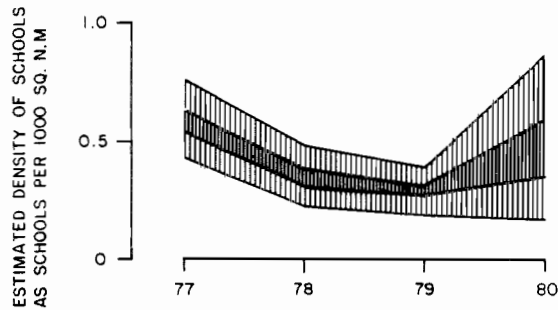
**FIGURA 33.** Número anual de lances sobre delfines. La línea a trazos representa los lances identificados y la línea sólida representa los lances identificados más los estimados.



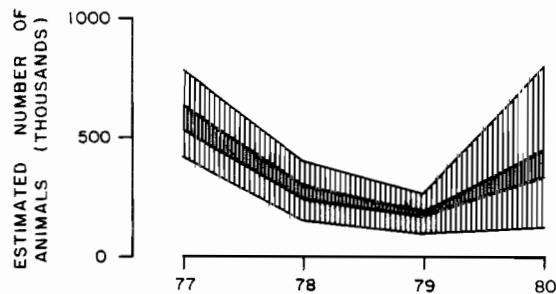


**FIGURE 34.** Areas of the Pacific Ocean used in the estimation of eastern spinner dolphin abundance. A1-eastern spinners only; A2-eastern and whitebelly spinners; A3-Costa Rican spinners.

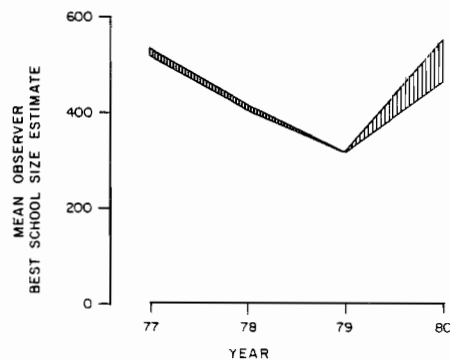
**FIGURA 34.** Zonas del Océano Pacífico oriental empleadas en la estimación de la abundancia de *Stenella longirostris* oriental. A1-solo *S. longirostris* oriental; A2-*S. longirostris* oriental y panza blanca; A3-*S. longirostris* costarricense.



**FIGURE 35.** Density estimates for schools of eastern spinner dolphins for 1977-1980. The darkly hatched region represents a range of point estimates for each year bounded by the extremes of either including or excluding unidentified spinner schools in area A2 (see Figure 34). The lightly hatched region represents approximate 95% confidence intervals for each year about the range of point estimates.  
**FIGURA 35.** Estimaciones de la densidad de cardúmenes de *S. longirostris* oriental en 1977-1980. La parte rayada oscura representa una escala de estimaciones por puntos en cada año, limitada por los extremos ya sea incluyendo o excluyendo cardúmenes de *S. longirostris* sin identificar en la zona A2 (véase Figura 34). La parte rayada clara representa aproximadamente los intervalos de confianza del 95% de cada año referente a la distribución de las estimaciones por puntos.

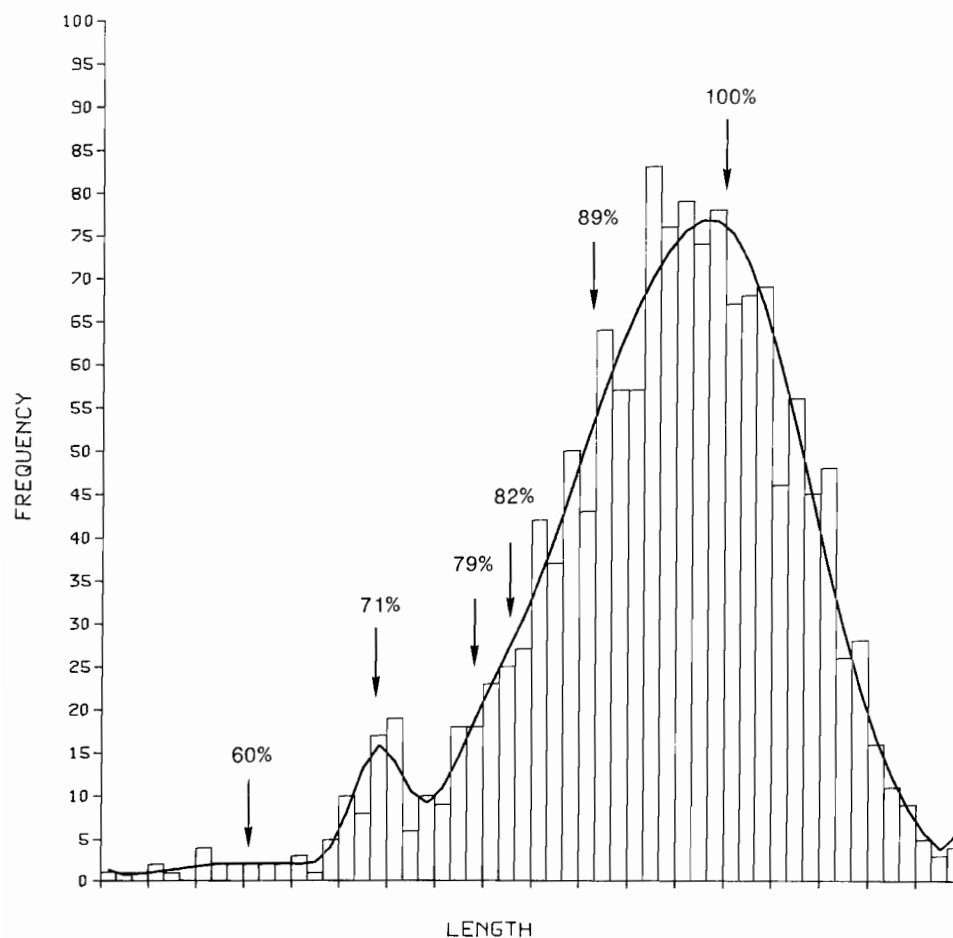


**FIGURE 36.** Estimated number of eastern spinner dolphins for 1977-1980. The darkly hatched region represents a range of point estimates for each year bounded by the extremes of either including or excluding unidentified spinners in area A2 (see Figure 34). The lightly hatched region represents approximately 95% confidence intervals for each year about the range of point estimates.  
**FIGURA 36.** Cantidad estimada de *S. longirostris* en 1977-1980. La parte rayada oscura representa una escala de estimaciones por puntos en cada año, limitada por los extremos ya sea incluyendo o excluyendo cardúmenes de *S. longirostris* sin identificar en la zona A2 (véase Figura 34). La parte rayada clara representa aproximadamente los intervalos de confianza del 95% de cada año referente a la distribución de las estimaciones por puntos.



**FIGURE 37.** Mean school size estimates for eastern spinner dolphins made from technician best estimates for 1977-1980. The hatched region represents a range of point estimates for each year bounded by the extremes of either including or excluding unidentified spinner schools in area A2 (see Figure 34).

**FIGURA 37.** Estimaciones del promedio de la magnitud de los cardúmenes de *S. longirostris*, obtenidas según las mejores estimaciones de los técnicos en 1977-1980. La parte rayada representa una distribución de estimaciones por puntos en cada año, limitada por los extremos ya sea incluyendo o excluyendo cardúmenes de *S. longirostris* sin identificar en la zona A2 (véase Figura 34).



**FIGURE 38.** Preliminary length-frequency data from a school of Costa Rican spinner dolphin photographed during the 1979 aerial survey. The solid line represents frequencies fitted using a model incorporating six normal distributions. Percentages represent the mean of each distribution as a percent of the mean asymptotic length (the mean of the large distribution to the right of the figure).

**FIGURA 38.** Datos preliminares de la frecuencia de talla de un cardumen de *S. longirostris* costarricenses, fotografiado en el reconocimiento aéreo realizado en 1979. La línea sólida representa las frecuencias ajustadas usando un modelo en el que se incorporan seis distribuciones normales. Los porcentajes representan la media de cada distribución como el porcentaje de la talla media asintótica (la media de la distribución grande al lado derecho de la figura).

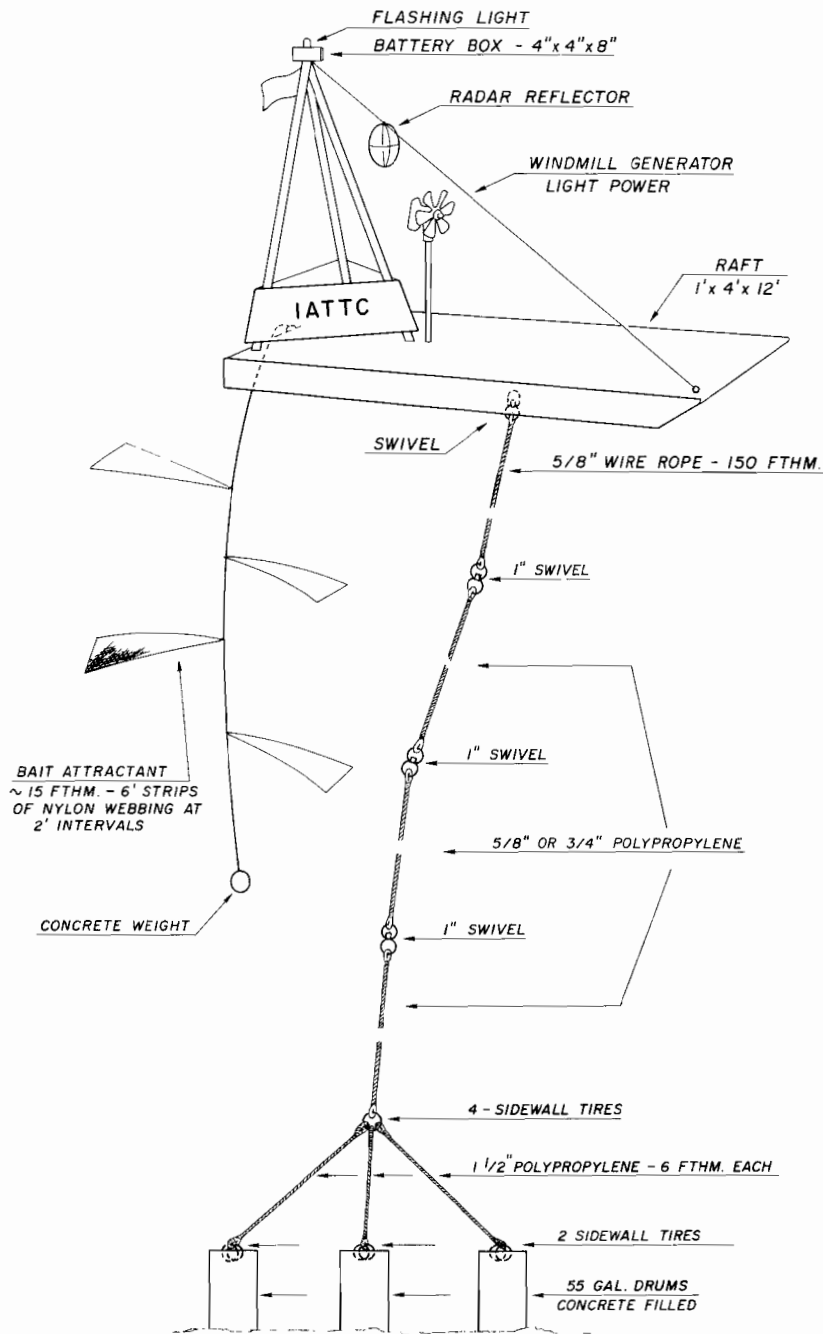
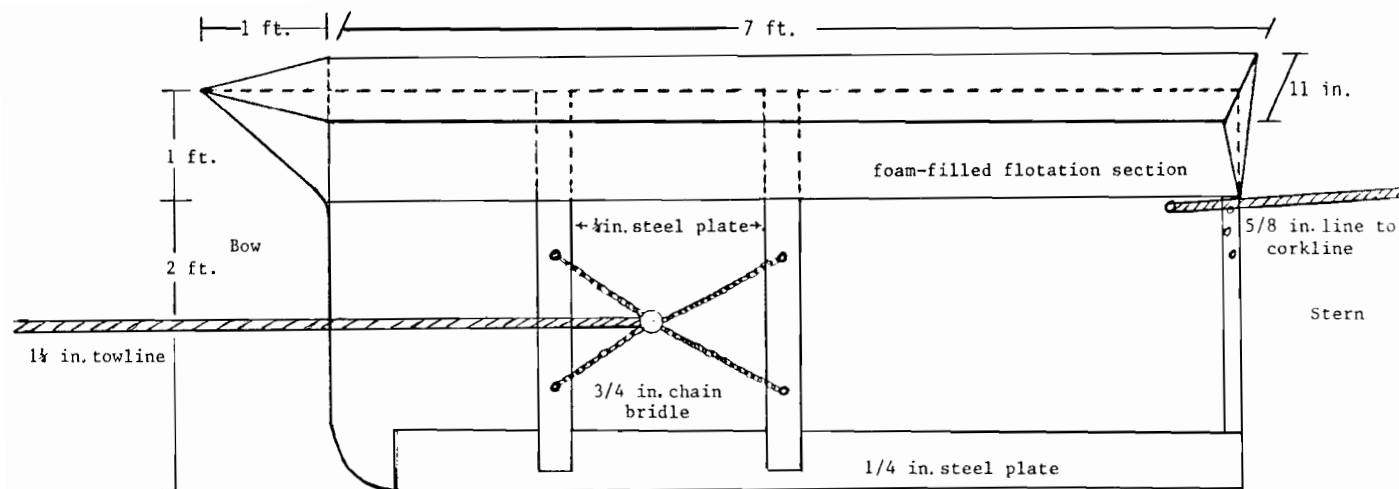


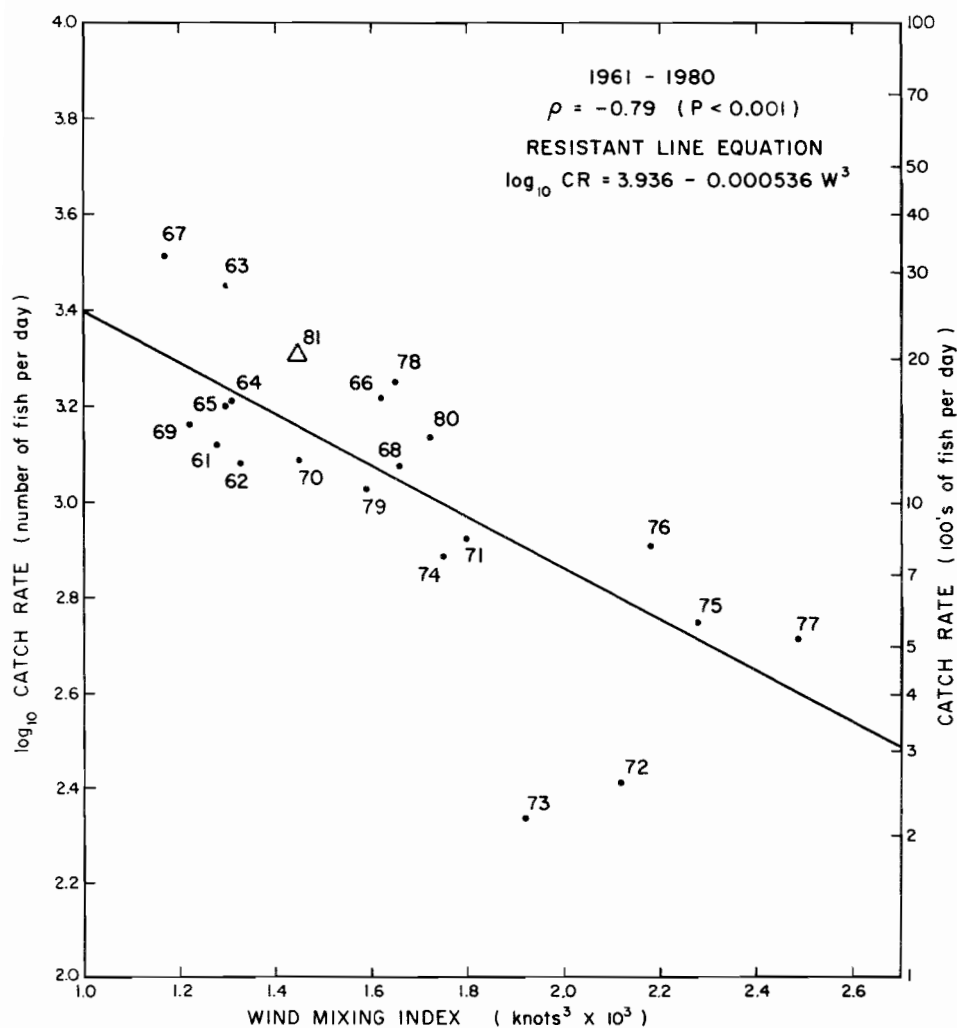
FIGURE 39. IATTC raft and anchoring system.

FIGURA 39. Sistema de las balsas y anclaje de la CIAT.



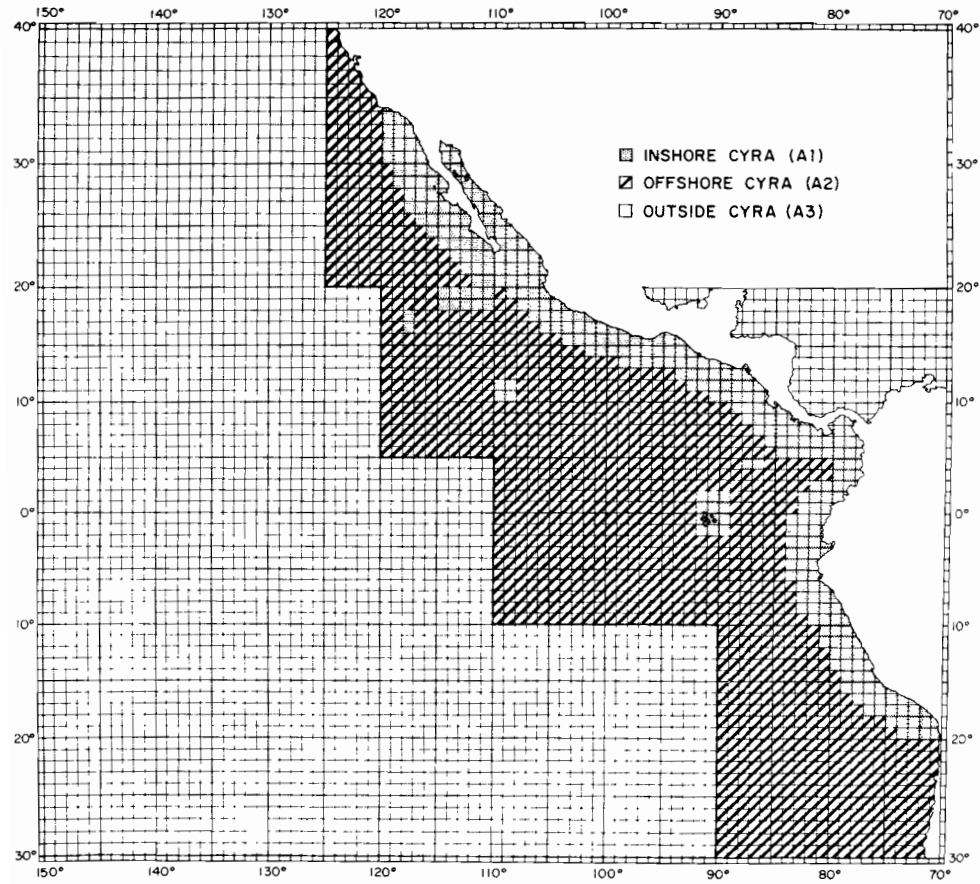
**FIGURE 40.** IATTC backdown board.

**FIGURA 40.** Sistema de "puerta" de la CIAT.



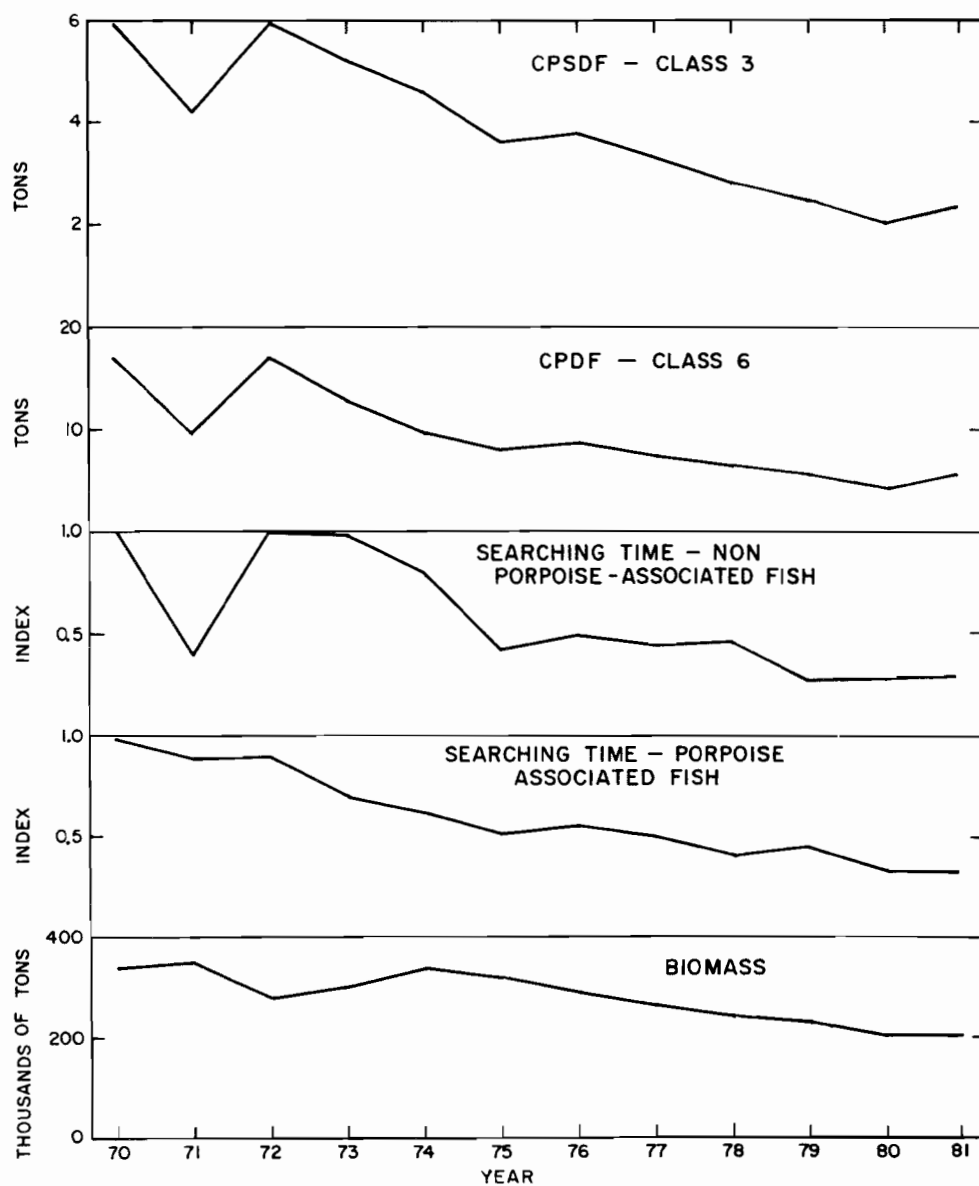
**FIGURE 41.** Plots of the annual catch rate of age-1 + skipjack captured by purse seiners during the first three quarters east of 150°W based on logged effort in 22 selected 5-degree areas standardized to class-3 vessels versus the wind-mixing index for the area within the mean monthly latitudes of the 82°F isotherm between 180° and 135°W, at an earlier time. Numbers indicate fishing years. The catch rate for 1981 is for the first semester only.

**FIGURA 41.** Diagrama del índice de la captura anual de peces 1 + años, capturados por embarcaciones cerqueras al este de los 150°W, durante los tres primeros trimestres, basado en el esfuerzo registrado en una época anterior, en 22 zonas seleccionadas de 5 grados, normalizado, a días de la clase 3 de arqueo, versus el índice de mezcla del viento en la zona localizada en las latitudes medias mensuales de la isoterma de 82°F entre los 180° y 135°W. Las cifras indican los años de pesca. El índice de captura de 1981, corresponde solamente al primer trimestre.



**FIGURE 42.** The eastern Pacific Ocean, showing the historical areas of the fishery for yellowfin, A1, the more recently fished areas within the CYRA, A2, and the area outside the CYRA, A3.

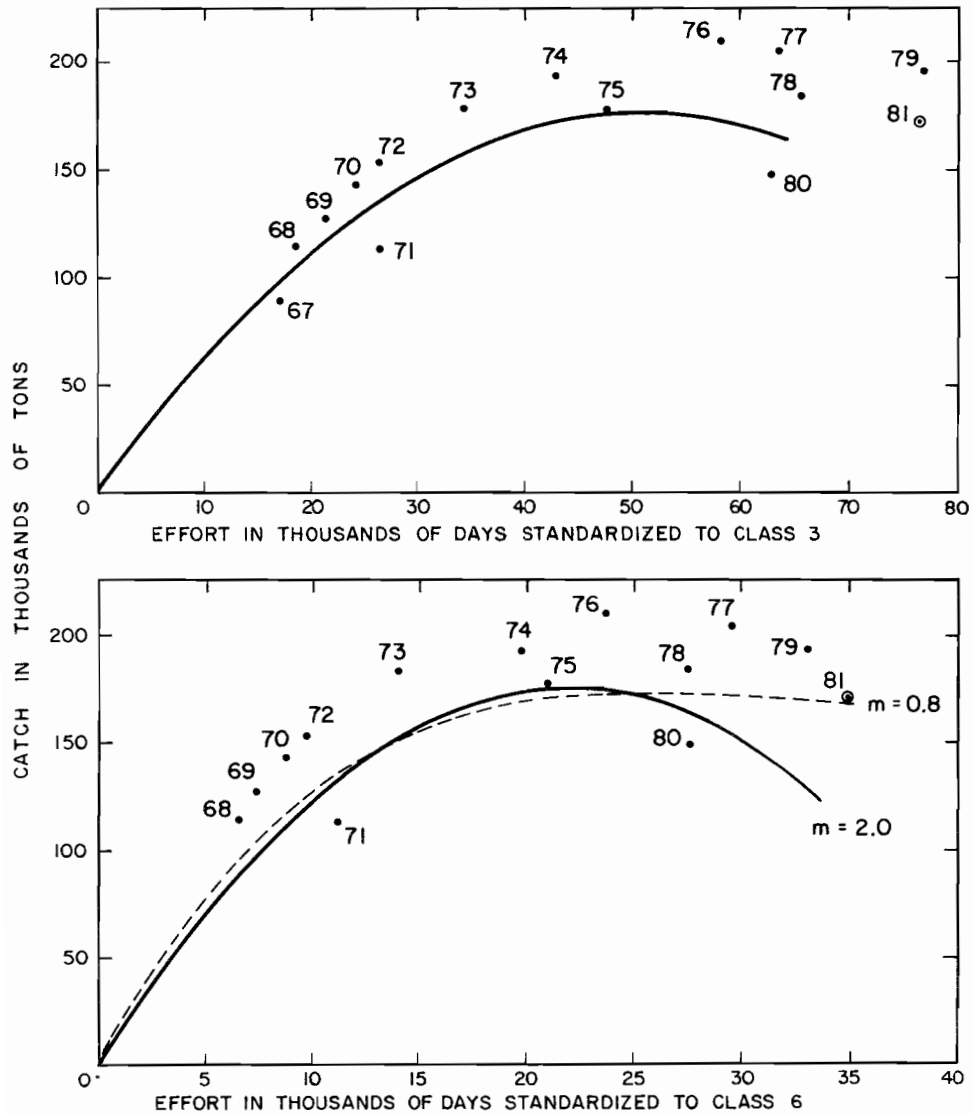
**FIGURA 42.** El Océano Pacífico oriental, donde se presentan las zonas históricas de la pesca del atún la amarilla A1, las zonas de pesca más recientes en el ARCAA, A2 y la zona fuera del ARCAA, A3.



**FIGURE 43.** Five indices of abundance of yellowfin in the CYRA, 1970-1980.

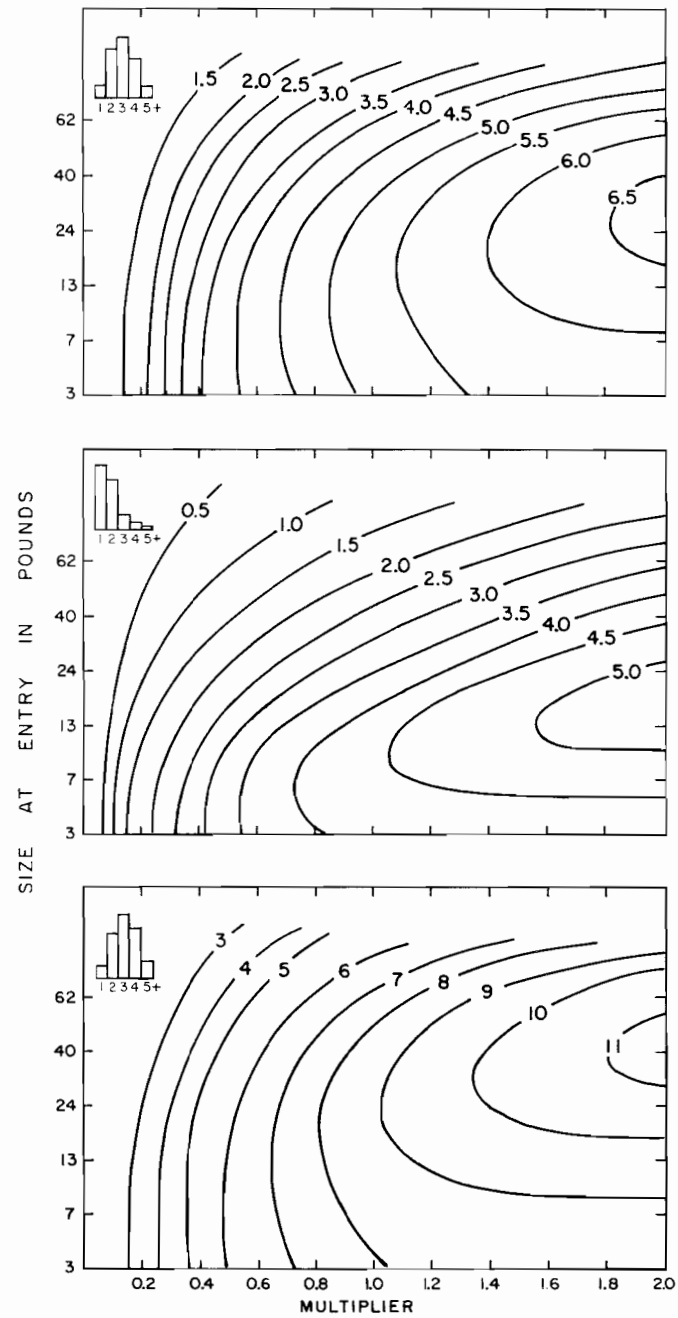
**FIGURA 43.** Cinco índices de la abundancia del aleta amarilla en el ARCAA, 1970-1981.





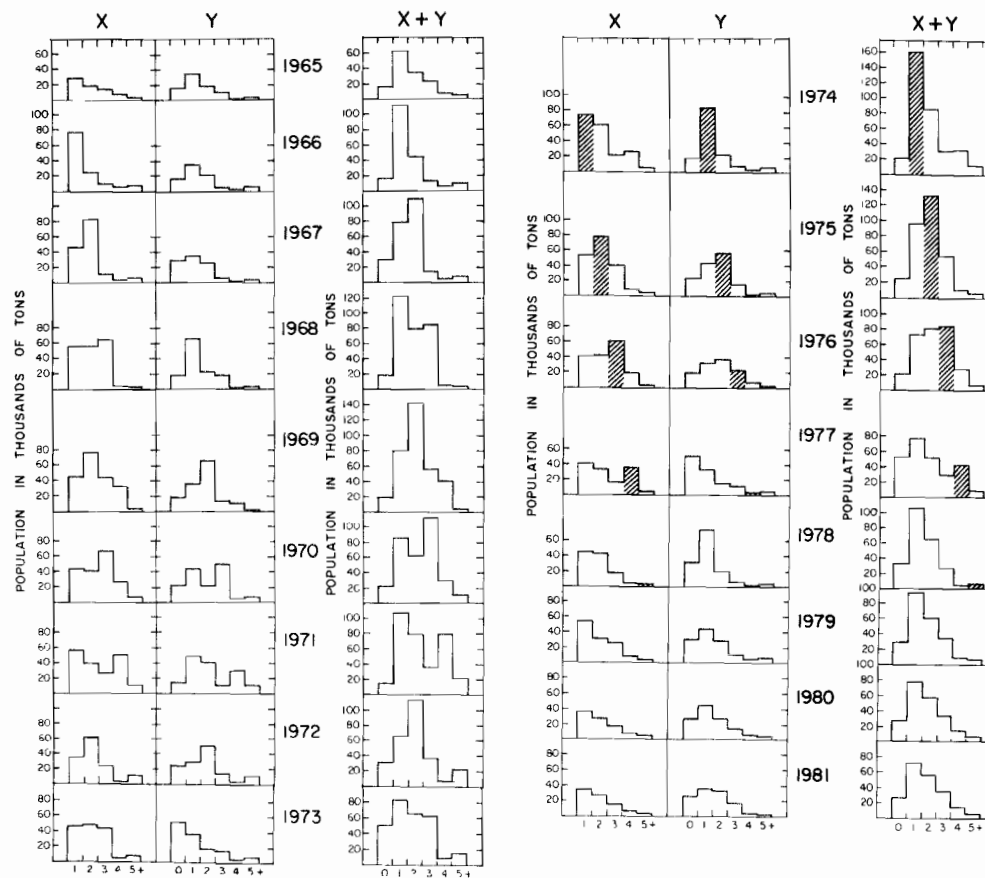
**FIGURE 44.** Relationships between effort and catch for the yellowfin fishery inside the CYRA, 1967-1981 (upper panel) and 1968-1981 (lower panel).

**FIGURA 44.** Relación entre el esfuerzo y la captura en la pesca del aleta amarilla en el ARCAA, 1967-1981 (recuadro superior) y 1968-1981 (recaudo inferior).



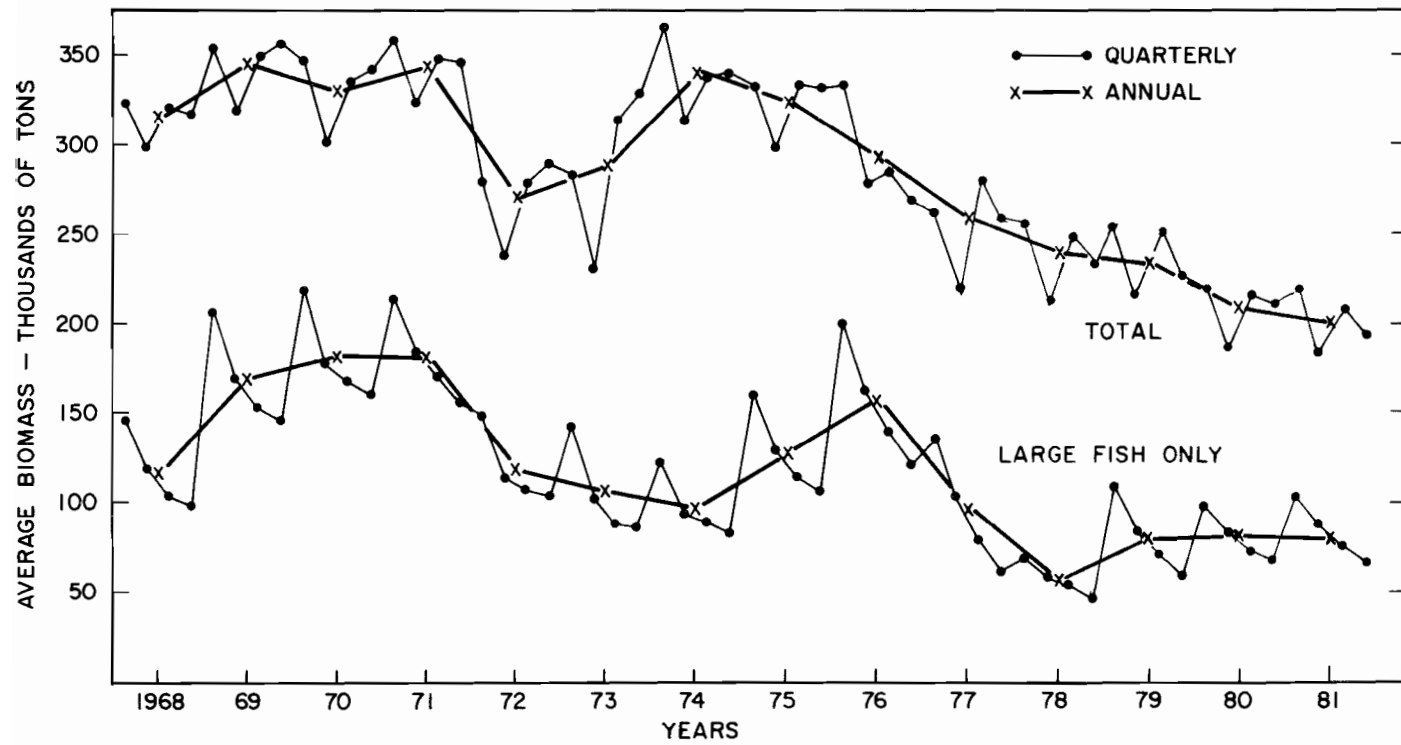
**FIGURE 45.** Relationships among size at entry, fishing effort, and yield per recruit for yellowfin.

**FIGURA 45.** Relación entre la talla de entrada, el esfuerzo de pesca y el rendimiento por recluta del aleta amarilla.



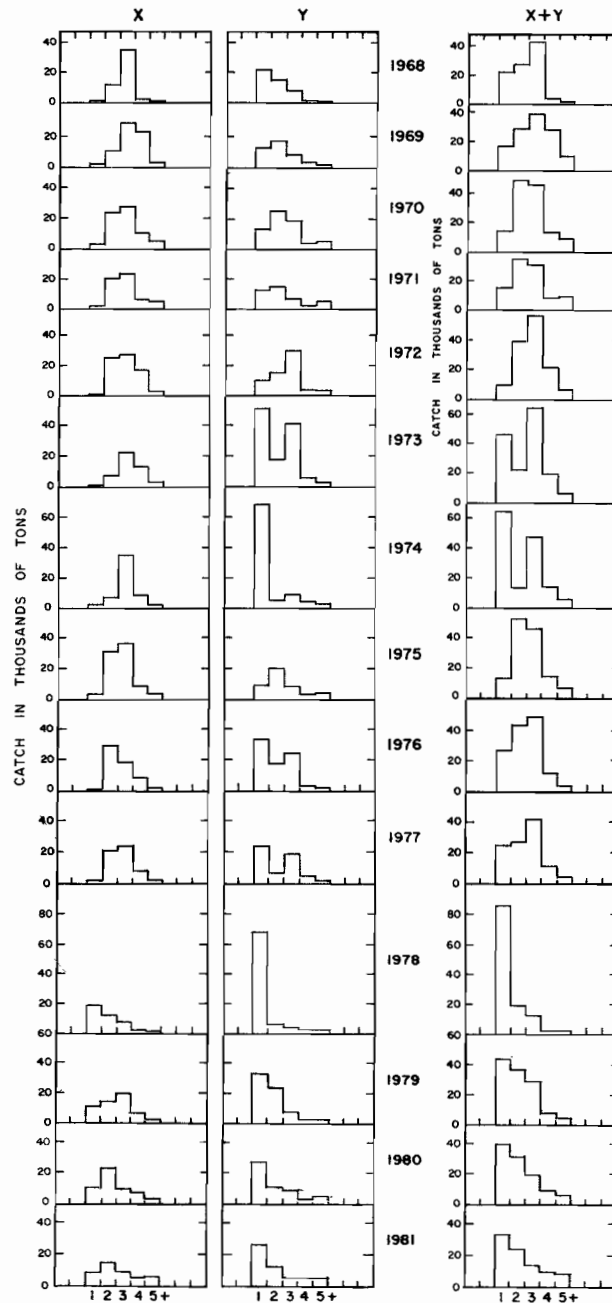
**FIGURE 46.** Annual biomass estimates of yellowfin in the CYRA, 1965-1981, by age groups.

**FIGURA 46.** Estimación por grupos de edad de la biomasa anual del aleta amarilla en el ARCAA, 1965-1981.



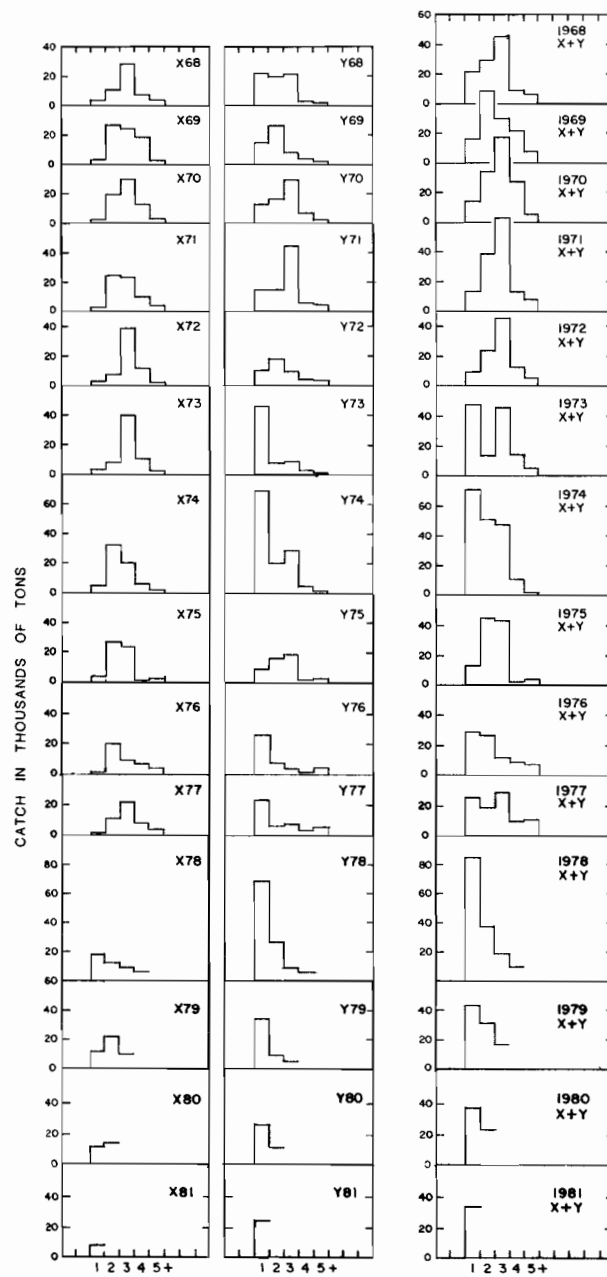
**FIGURE 47.** Annual and quarterly biomass estimates of yellowfin in the CYRA, 1968-1981, for all fish and for larger fish only.

**FIGURA 47.** Estimación de la biomasa anual y trimestral del aleta amarilla en el ARCAA, 1968-1981, de todos los peces y solo de los grandes peces.



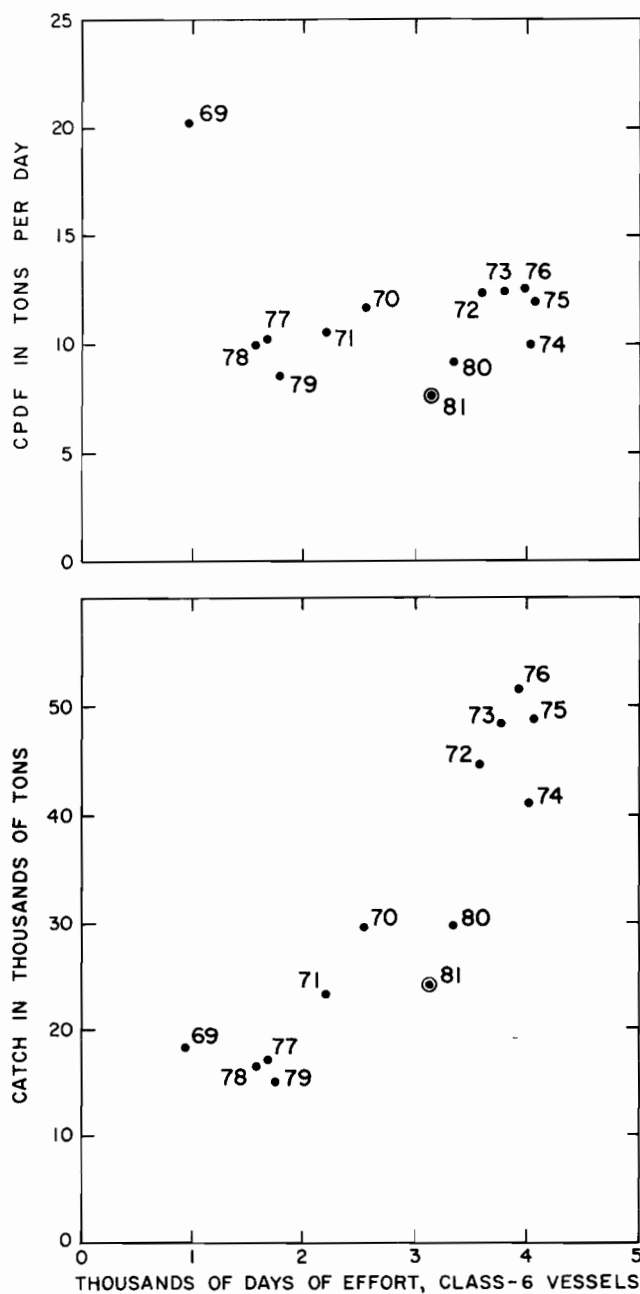
**FIGURE 48.** Estimated catches of yellowfin of ages 1 through 5+ by purse seiners in the first and second quarters of 1968 through 1981, by X and Y groups.

**FIGURA 48.** Estimación de captura del aleta amarilla de 1 a 5+ años de edad, por grupos X e Y, obtenida por barcos cerqueros en los dos primeros trimestres del año, 1968-1981.



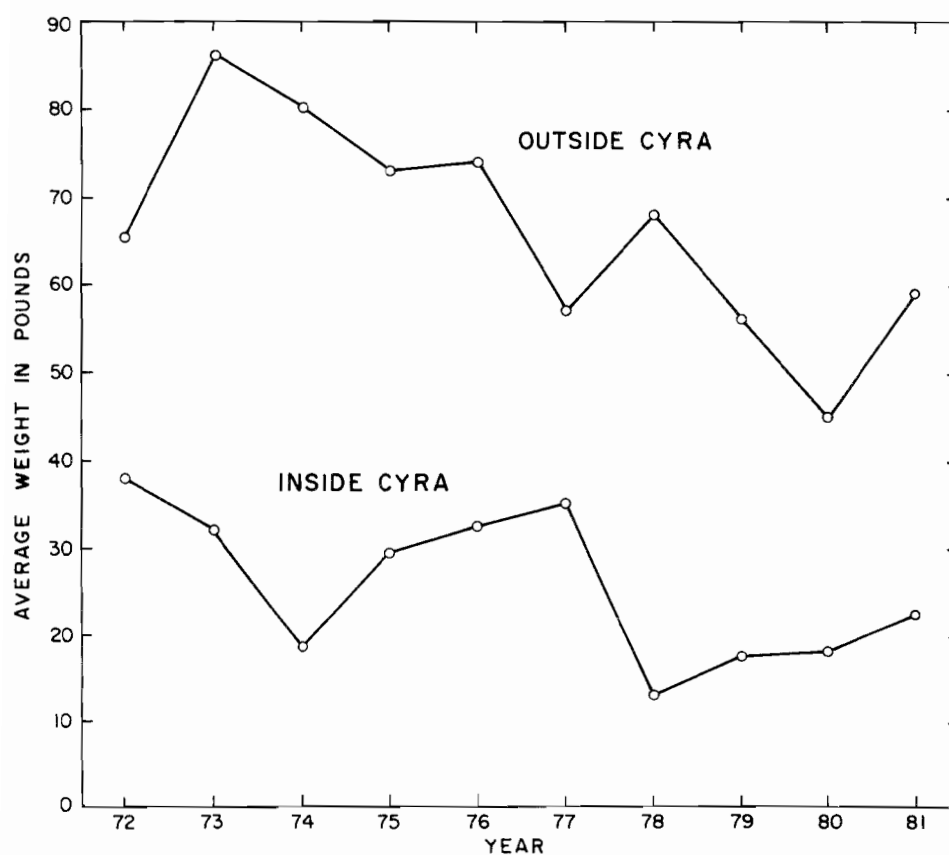
**FIGURE 49.** Estimated catches of yellowfin of the 1968 through 1981 cohorts at ages 1 through 5+ by purse seiners in the first and second quarters of 1968 through 1981, by X and Y groups.

**FIGURA 49.** Estimación de captura del aleta amarilla de 1 a 5+ años de edad, de las generaciones de 1968 a 1981, por grupos X e Y, obtenida por barcos cerqueros en los dos primeros trimestres del año, desde 1968 hasta 1981.



**FIGURE 50.** Relationships between CPDF and effort (upper panel) and between catch and effort (lower panel) for yellowfin in the areas outside the CYRA, 1969-1981.

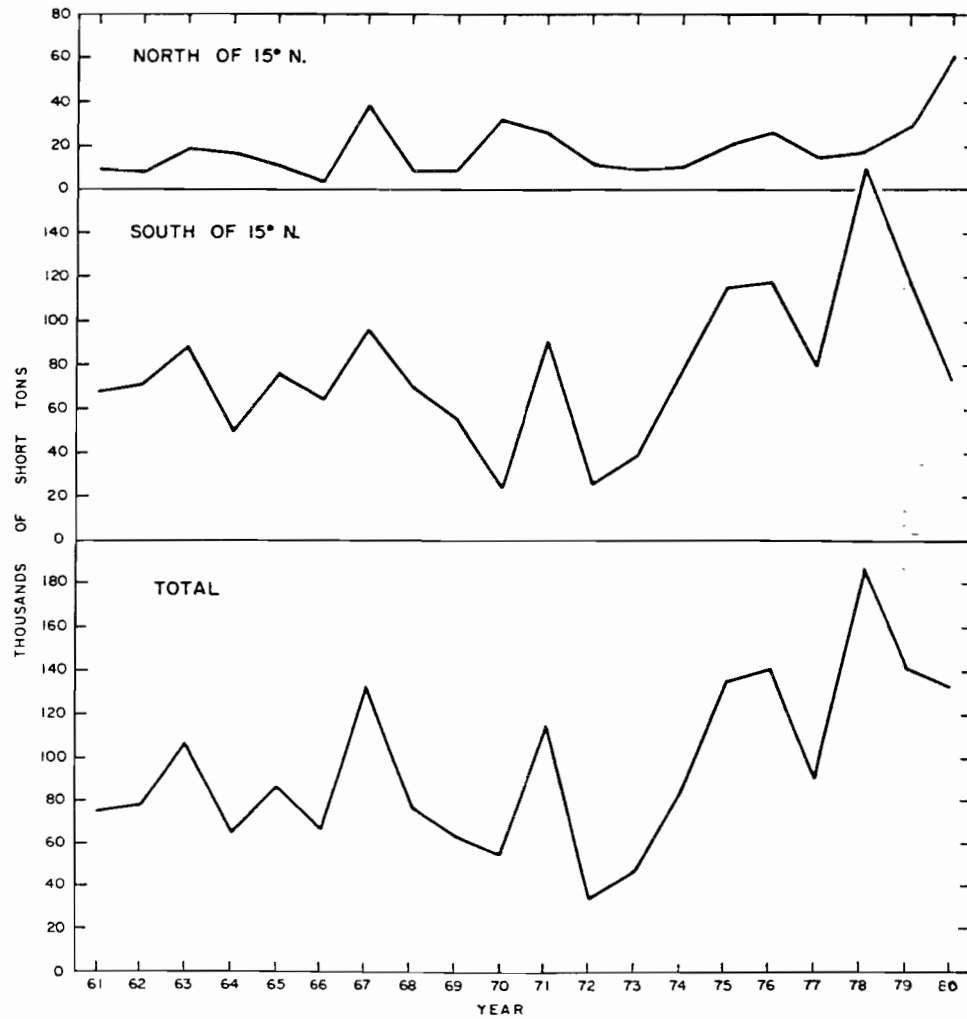
**FIGURA 50.** Relación entre la CPDP y el esfuerzo (recuadro superior) y entre la captura y el esfuerzo (recuadro inferior) del aleta amarilla en las zonas fuera del ARCAA, 1968-1981.



**FIGURE 51.** Average weights of yellowfin caught inside and outside the CYRA, 1972-1981.

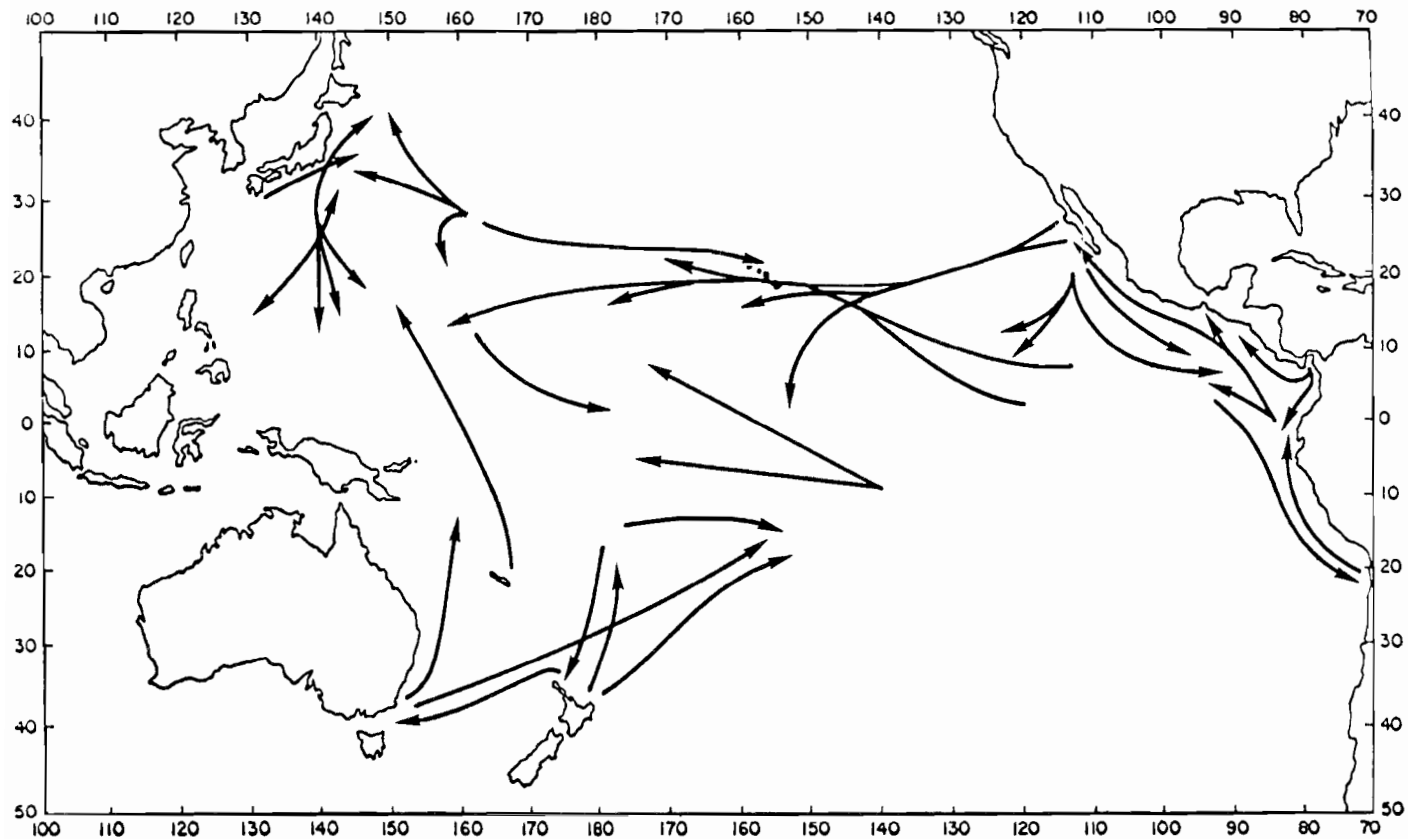
**FIGURA 51.** Promedio del peso del aleta amarilla capturado en el ARCAA y fuera de esta zona, 1972-1981.





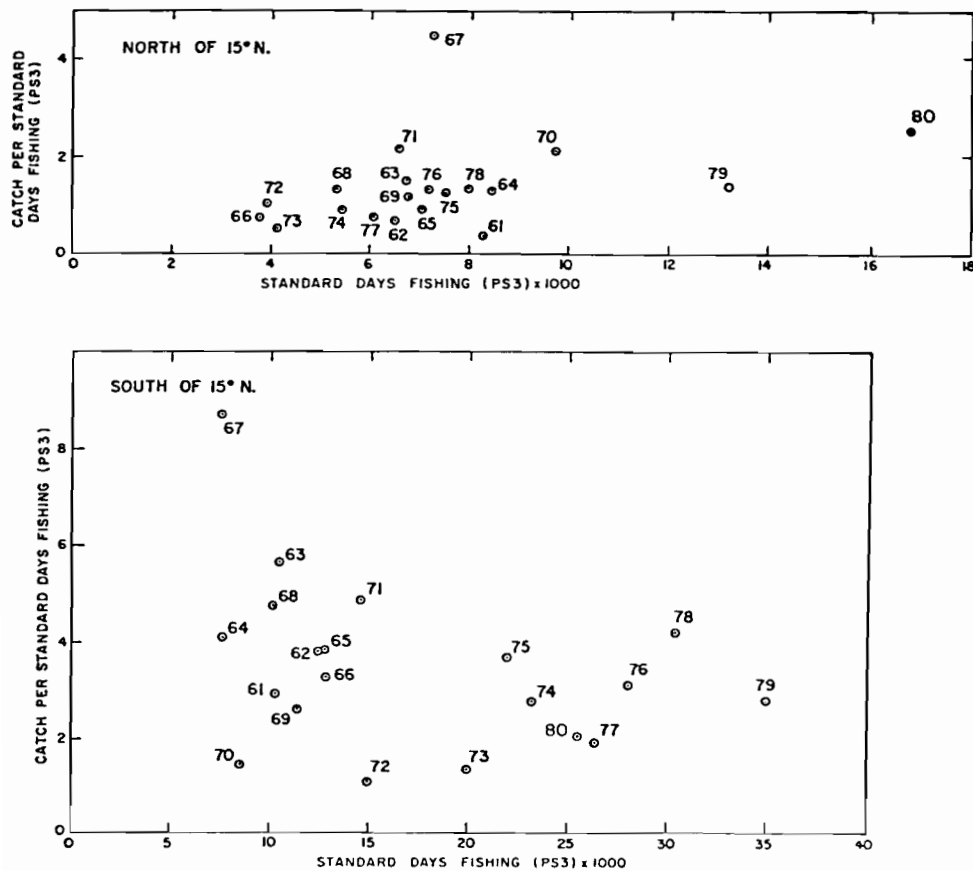
**FIGURE 52.** Estimated CYRA catches of skipjack north and south of 15°N, 1961-1980.

**FIGURA 52.** Capturas de barrilete estimadas en el ARCAA al norte y sur de los 15°N, 1961-1980.



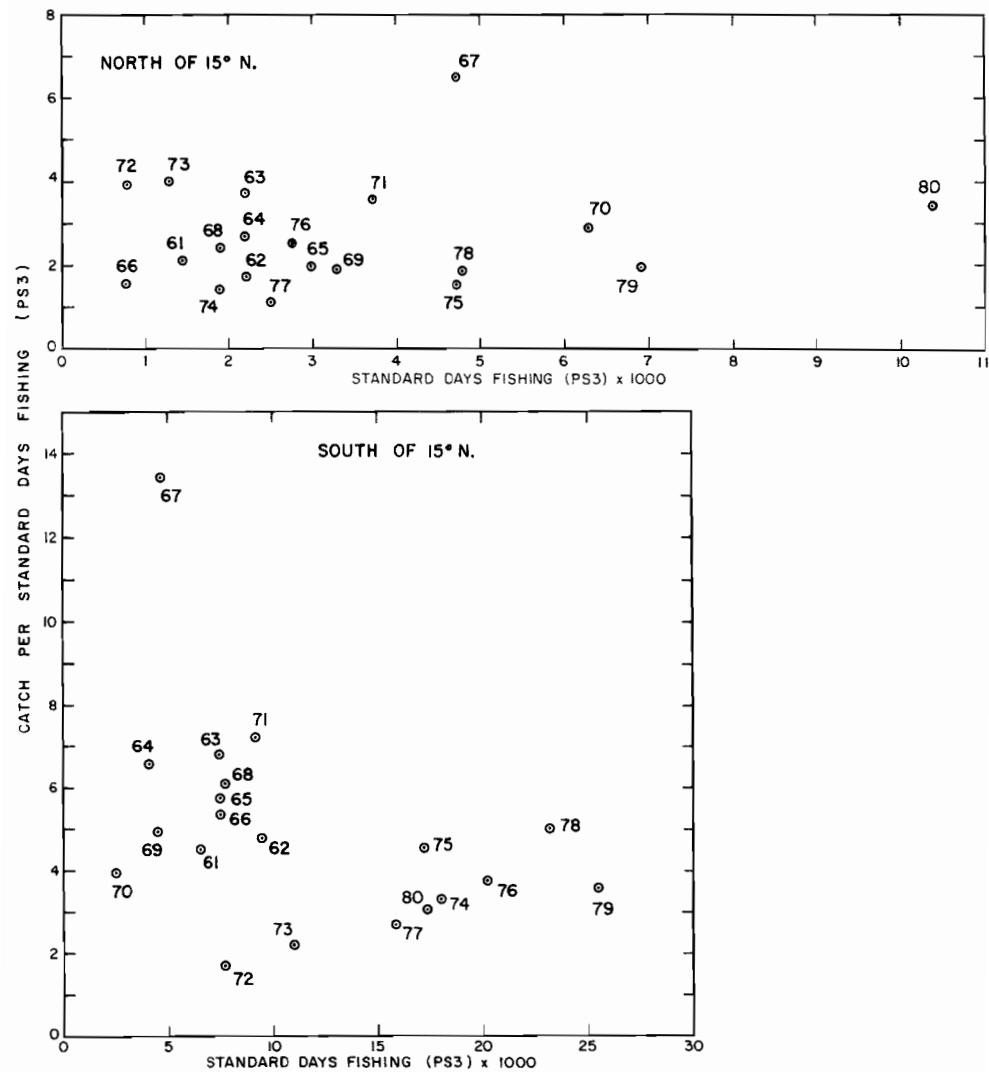
**FIGURE 53.** Some long-distance migrations which have been recorded for tagged skipjack in the Pacific Ocean.

**FIGURA 53.** Anotaciones de algunos desplazamientos a grandes distancias de barriletes marcados en el Océano Pacífico.



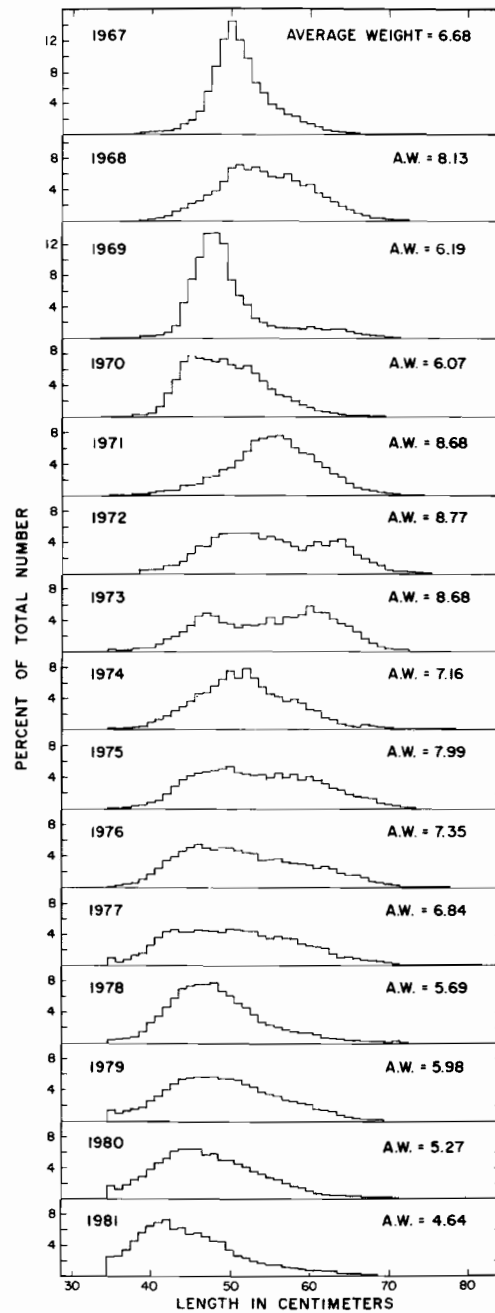
**FIGURE 54.** Relationships between CPUE and effort (unregulated and regulated) for skipjack in the CYRA north and south of 15°N, using data for all 5-degree areas, 1961-1980.

**FIGURA 54.** Relación entre la CPUE y el esfuerzo (sin reglamentar y reglamentado) dirigido hacia el barrilete en el ARCAA al norte y al sur de los 15°N, empleando los datos de todas las zonas de 5 grados, 1961-1980.



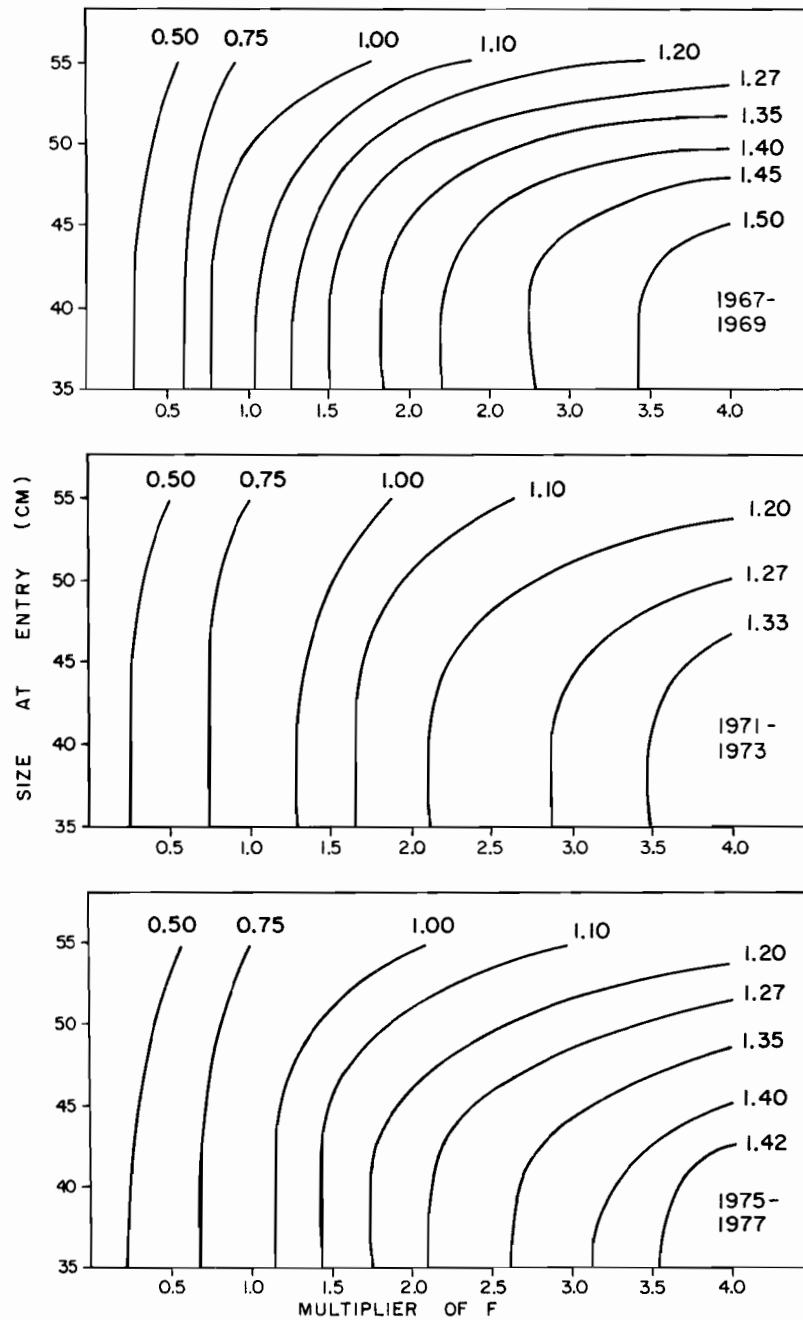
**FIGURE 55.** Relationships between CPUE and effort (unregulated and regulated) for skipjack north and south of 15°N, using only data for selected 5-degree areas, 1961-1980.

**FIGURA 55.** Relación entre la CPUE y el esfuerzo (sin reglamentar y reglamentado) orientado hacia el barrilete al norte y al sur de los 15°N, empleando solamente los datos de zonas seleccionadas de 5 grados, 1961-1980.



**FIGURE 56.** Length frequencies of skipjack caught in the CYRA, 1967-1981.

**FIGURA 56.** Las frecuencias de talla de barriletes capturados en el ARCAA, 1967-1981.



**FIGURE 57.** Relationships among size at entry, fishing effort, and yield per recruit for skipjack.

**FIGURA 57.** Relación que existe entre la talla de entrada, el esfuerzo de pesca y el rendimiento por recluta del barrilete.

**TABLE 1.** Catches (in short tons) by the eastern Pacific tuna fleet, 1961 through 1981. (See text on p. 15 for details)**TABLA 1.** Capturas (toneladas americanas) por la flota atunera del Pacífico oriental, de 1961 hasta 1981. (Para detalles vea página 107 del texto)

A. Catches of yellowfin, skipjack and bigeye tuna\* taken by this fleet in the eastern Pacific Ocean east of 150°W.

A. Capturas de atún aleta amarilla, barrilete y patudo\* obtenidas por esta flota en el Océano Pacífico oriental al este de los 150°W.

CYRA-ARCAA									West of CYRA and East of 150°W Al Oeste del ARCAA, y Al Este De Los 150°W				Total Eastern Pacific		
Exclusive of experimental areas Sin las zonas experimentales			Experimental areas Zonas experimentales			Total Total							Total Pacifico Oriental		
Year Año	YFT	SKJ	BET	YFT	SKJ	BET	YFT	SKJ	BET	YFT	SKJ	BET	YFT	SKJ	BET
1961	115,684	75,468	235	0	0	0	115,684	75,468	235	0	0	0	115,684	75,468	235
1962	87,159	78,376	361	0	0	0	87,159	78,376	361	0	0	0	87,159	78,376	361
1963	72,136	105,235	83	0	0	0	72,136	105,235	83	0	0	0	72,136	105,235	83
1964	101,389	65,455	75	0	0	0	101,389	65,455	75	0	0	0	101,389	65,455	75
1965	90,170	86,172	130	0	0	0	90,170	86,172	130	0	0	0	90,170	86,172	130
1966	91,511	66,669	294	0	0	0	91,511	66,669	294	0	0	0	91,511	66,669	294
1967	89,995	132,462	1,621	0	0	0	89,995	132,462	1,621	0	0	0	89,995	132,462	1,621
1968	114,492	78,239	2,820	0	0	0	114,492	78,329	2,820	1,207	3	0	115,699	78,332	2,820
1969	126,899	64,129	606	0	0	0	126,899	64,129	606	19,217	980	28	146,116	65,109	634
1970	142,627	55,247	1,460	0	0	0	142,627	55,247	1,460	30,679	6,458	9	173,306	61,705	1,469
1971	113,886	114,529	2,830	0	0	0	113,886	114,529	2,830	22,758	1,005	0	136,644	115,534	2,830
1972	152,535	35,486	2,467	0	0	0	152,535	35,486	2,467	44,768	1,248	0	197,303	36,734	2,467
1973	167,601	46,549	2,075	10,227	415	85	177,828	46,964	2,160	49,506	1,444	21	227,334	48,408	2,181
1974	187,350	83,189	953	3,931	786	7	191,281	83,975	960	41,065	2,776	20	232,346	86,751	980
1975	174,284	134,364	4,142	2,116	1,041	54	176,400	135,405	4,196	45,507	2,128	108	223,907	137,533	4,304
1976	182,083	136,837	11,179	28,583	2,908	458	210,666	139,781	11,637	50,738	1,076	0	261,404	140,857	11,637
1977	171,434	79,645	6,257	31,525	13,042	2,093	202,959	92,687	8,350	17,866	2,932	46	220,825	95,619	8,396
1978	167,938	178,072	10,806	14,839	6,583	1,490	182,777	184,655	12,296	15,715	3,011	241	198,492	187,666	12,537
1979	188,441	139,167	7,837	6,544	3,279	322	194,985	142,446	8,159	15,149	3,054	133	210,134	145,500	8,292
1980	135,729	116,576	14,838	11,267	8,210	1,123	146,996	124,786	15,961	29,340	19,361	409	176,336	144,147	16,370
1981#	162,108	116,859	11,830	9,848	6,443	547	175,877	123,302	10,395	25,539	7,695	235	201,416	130,997	10,630

\* YFT (yellowfin), SKJ (skipjack), BET (bigeye)

YFT (Aleta amarilla), SKJ (barrilete), BET (patudo)

# Preliminary—preliminar

**TABLE 1.** Continued  
**TABLA 1.** Continuación

B. Catches of tunas and miscellaneous species taken by this fleet in the western Pacific and Atlantic Oceans and catches of tunas (except yellowfin, skipjack and bigeye) and miscellaneous species taken in the eastern Pacific Ocean.  
B. Capturas de atunes y especies misceláneas obtenidas por la flota en el Océano Pacífico occidental y en el Océano Atlántico, y capturas de atunes (excluyendo aleta amarilla, barrilete y patudo) y especies misceláneas obtenidas en el Océano Pacífico oriental.

Year Año	Western Pacific Pacífico occidental			Atlantic Ocean Océano Atlántico				Eastern Pacific Pacífico oriental				OS <sup>2</sup> OE	Total <sup>3</sup>
	YFT <sup>1</sup>	SKJ <sup>1</sup>	OS <sup>2</sup> OE	YFT <sup>1</sup>	SKJ <sup>1</sup>	BET <sup>1</sup>	OS <sup>2</sup> OE	BFT <sup>1</sup>	BEP <sup>1</sup>	ALB <sup>1</sup>	BKJ <sup>1</sup>	OS <sup>2</sup> OE	
1961	0	0	0	14	111	0	0	9,098	3,205	2,670	0	237	206,722
1962	0	0	0	0	0	0	0	12,420	3,575	1,292	0	193	183,376
1963	0	0	0	14	1,827	0	2,985	13,527	3,424	3,771	0	265	203,267
1964	0	0	0	0	4,361	0	3,159	10,161	7,384	3,671	5	248	195,908
1965	0	0	0	50	173	0	1,390	7,594	4,192	710	18	178	190,777
1966	0	0	0	0	4	0	124	17,524	4,909	2,160	10	466	183,671
1967	0	0	0	1,252	542	0	858	6,491	11,072	4,133	0	127	248,553
1968	0	0	0	7,371	4,213	17	0	6,587	8,772	4,955	0	139	228,905
1969	0	0	0	20,513	5,489	163	0	7,634	3,193	3,305	0	1	252,157
1970	0	227	0	10,320	13,094	215	1,790	4,373	5,223	4,934	0	30	276,686
1971	0	0	0	4,595	20,156	649	1,820	9,020	10,580	2,723	6	70	304,627
1972	0	0	0	14,270	14,891	234	1,094	13,892	9,781	5,327	663	404	297,060
1973	0	0	0	4,302	24,705	125	746	11,084	8,747	2,553	1,845	392	332,422
1974	35	0	0	6,528	21,693	957	178	5,147	4,889	5,272	4,125	1,080	369,981
1975	0	363	0	15,884	8,310	74	909	8,097	18,711	3,643	585	305	422,625
1976	247	5,482	2	2,509	2,842	43	469	11,641	4,817	3,644	1,673	1,226	448,493
1977	865	9,707	4	8,546	7,197	365	130	5,768	12,377	1,648	1,522	2,145	375,114
1978	24	8,102	49	11,474	9,382	274	369	5,903	5,331	1,355	2,373	898	444,229
1979	199	7,984	7	3,491	3,097	234	659	6,637	2,005	326	1,502	1,359	391,422
1980	297	5,886	0	4,843	4,455	222	32	3,164	6,746	417	4,219	1,051	368,185
1981#	5,278	6,249	0	4,391	5,084	141	185	1,168	6,339	593	2,030	1,209	375,710

<sup>1</sup> YFT (yellowfin), SKJ (skipjack), BET (bigeye), BFT (bluefin), BEP (bonito), ALB (albacore), BKJ (black skipjack).

<sup>2</sup> YFT (Aleta amarilla), SKJ (barrilete), BET (patudo), BFT (atún de aleta azul), BEP (bonito), ALB (albacora), BKJ (barrilete negro).

<sup>3</sup> OS (other species including, inter alia, Atlantic little tuna, Atlantic blackfin tuna and bullet or, frigate tuna (Auxis). The catches of baitfish are not included.

<sup>2</sup> OE (otras especies que incluyen entre otras, barcareta del Atlántico, atún aleta negra del Atlántico y melvas (Auxis).

<sup>3</sup> TOTAL (Total for all species from all areas, for all of Table 1)

<sup>3</sup> TOTAL (Suma total de todas las especies en todas las zonas de la Tabla 1)

# Preliminary—preliminar



**TABLE 2.** 1981 tuna fleet catches in the eastern Pacific Ocean by flag of vessel and country of landing.**TABLA 2.** Capturas en 1981, de la flota atunera en el Océano Pacífico oriental por barco abanderado y país de descargue.

Area/Flag Zona/Bandera	Yellowfin A. amarilla	Skipjack Barrilete	Bigeye Patudo	Bluefin A. azul	Bonito Bonito	Albacore Albacora	Black skipjack Barrilete negro	Other Otras	Total Total	Percent of total % del total
<b>CYRA-ARCAA CATCH—CAPTURA</b>										
Bermuda	*									
Canada	*									
Cayman Islands	2,375	1,798	30	0	0	0	3	4	4,210	1.3
Colombia	*									
Costa Rica	3,599	1,205	102	0	0	0	194	0	5,100	1.6
Ecuador	8,783	10,391	1,082	0	0	0	1,144	690	22,090	6.9
El Salvador	*									
Japan	497	0	0	0	0	0	0	0	497	0.1
México	44,368	28,557	618	262	319	10	116	174	74,424	23.2
Netherlands	*									
Panamá	8,031	3,607	826	0	0	0	0	0	12,464	3.9
Peru	699	16	0	0	19	0	0	100	834	0.3
Portugal	*									
Spain	7,012	2,694	764	0	0	0	0	0	10,470	3.3
U.S.A.	90,991	69,305	4,293	906	6,001	583	52	44	172,175	53.6
USSR	*									
Venezuela	7,218	3,679	2,329	0	0	0	5	150	13,381	4.2
Total of *	3,405	2,050	351	0	0	0	516	47	5,268	1.6
Total of CYRA	175,877	123,302	10,395	1,168	6,339	593	2,030	1,209	320,913	
<b>W. of CYRA E. of 150° W</b>										
Cayman Islands	1,307	490	0	0	0	0	0	0	1,797	5.4
El Salvador	*									
Mexico	903	271	0	0	0	0	0	0	1,174	3.5
Netherlands	*									
Panama	790	559	23	0	0	0	0	0	1,372	4.1
Spain	421	68	6	0	0	0	0	0	495	1.5
U.S.A.	21,386	6,150	192	0	0	0	0	0	27,728	82.9
Venezuela	*									
Total of *	732	157	14	0	0	0	0	0	903	2.7
Total outside	25,539	7,695	235	0	0	0	0	0	33,469	
Total eastern Pacific	201,416	130,997	10,630	1,168	6,339	593	2,030	1,209	354,382	

TABLE 2. Continued  
 TABLA 2. Continuación

Area/Flag Zona/Bandera	Yellowfin A. amarilla	Skipjack Barrilete	Bigeye Patudo	Bluefin A. azul	Bonito Bonito	Albacore Albacora	Black skipjack Barrilete negro	Other Otras	Total Total	Percent of total % del total
LANDINGS—DESCARGUES										
CYRA										
Canada	*									
Costa Rica	944	1,455	0	0	0	0	624	30	3,053	1.0
Ecuador	8,962	10,542	1,093	0	0	0	1,289	755	22,641	7.3
France	446	0	0	0	0	0	0	0	446	0.1
Italy	8,535	1,553	190	0	0	0	0	0	10,278	3.3
Japan	1,901	255	388	0	0	0	0	0	2,544	0.8
Mexico	34,602	22,343	732	262	362	10	119	153	58,583	18.9
Panama	309	271	0	0	0	0	0	0	580	0.2
Peru	699	16	0	0	28	0	0	100	843	0.3
Spain	3,036	1,641	262	0	0	0	0	0	4,939	1.6
U.S.A.	98,517	78,457	9,315	906	5,959	583	39	35	193,811	62.7
Venezuela	3,567	1,744	444	0	0	0	5	150	5,910	1.9
Other	*									
Total *	3,510	2,201	71	0	0	0	8	0	5,790	1.9
Total of CYRA	165,028	120,478	12,495	1,168	6,349	593	2,084	1,223	309,418	
W. of CYRA E. of 150°W										
Canada	33	0	0	0	0	0	0	0	33	0.1
Italy	2,151	33	8	0	0	0	0	0	2,192	6.6
Mexico	411	309	0	0	0	0	0	0	720	2.1
U.S.A.	22,634	7,420	265	0	0	0	0	0	30,319	90.6
Venezuela	196	0	0	0	0	0	0	0	196	0.6
Total outside	25,425	7,762	273	0	0	0	0	0	33,460	
Total eastern Pacific	190,453	128,240	12,768	1,168	6,349	593	2,084	1,223	342,878	

**TABLE 3.** Logged yellowfin and skipjack tuna catches by major areas of the CYRA in thousands of short tons, 1977-1981.**TABLA 3.** Capturas de atún aleta amarilla y barrilete registradas por zonas principales de pesca en el ARCAA, en millares de toneladas americanas, 1977-1981.

Area of catch Zona de captura	1977		1978		1979		1980		1981*
	NR	R	NR	R	NR	R	NR	R	NR
<b>Yellowfin—Aleta amarilla</b>									
N of 20°N	12.8	0.9	17.5	9.1	37.4	8.0	32.3	0.7	38.4
15°N-20°N	11.0	0.9	9.6	0.9	13.7	0.4	9.6	0.1	6.7
10°N-15°N	23.5	2.0	31.0	6.3	29.5	1.2	21.0	0.4	27.1
5°N-10°N	43.7	2.8	29.4	6.9	30.5	2.8	21.7	0.9	28.7
0° - 5°N	12.1	1.3	7.1	4.0	5.7	3.2	2.8	0.0	3.8
South of 0°	12.7	4.9	4.2	4.7	18.9	10.3	14.0	2.2	24.6
Total	115.8	12.8	98.8	31.9	135.7	25.9	101.4	4.3	129.4
<b>Skipjack—Barrilete</b>									
N of 20°N	5.5	2.2	5.8	6.0	14.9	4.1	27.1	0.1	22.3
15°N-20°N	0.9	0.1	1.9	1.1	3.1	0.3	15.4	0.1	12.7
10°N-15°N	7.6	1.1	28.7	2.5	14.4	0.6	23.4	0.4	19.3
5°N-10°N	14.6	1.0	42.5	5.1	31.8	4.8	13.3	1.0	23.0
0° - 5°N	7.4	0.8	17.1	20.0	29.4	8.2	4.0	0.1	6.8
South of 0°	7.2	4.2	1.9	4.9	5.2	2.7	4.9	0.1	13.5
Total	43.2	9.4	97.9	39.6	98.8	20.7	88.1	1.8	97.6

NR = unregulated—no reglamentada

R = regulated—reglamentada

\* = preliminary—preliminar

**TABLE 4.** Number and carrying capacity (short tons) of fishing vessels operating in the eastern Pacific Ocean by flag, gear and size class in 1981.**TABLA 4.** Número y capacidad de acarreo (toneladas americanas) de las embarcaciones pesqueras que maniobraron en 1981, en el Océano Pacífico oriental, por bandera, arte y clase de arqueo.

Flag Bandera	Gear Arte	Size class—Clase de arqueo						Total no. of vessels No. total de embarcaciones	Total capacity Capacidad total
		1	2	3	4	5	6		
Bermuda	Seiner				1	2		3	814
Canada	Seiner				1			1	*
Cayman Is.	Seiner						5	5	5,366
Costa Rica	Seiner					1	2	3	2,773
Ecuador	Seiner		8	16	7	2	3	36	7,055
	Baitboat	11						11	328
	Bolichera	3						3	72
El Salvador	Seiner						2	2	1,874
Mexico	Seiner		1	2	3	4	35	45	33,358
	Baitboat	1	3	5	1			10	1,133
Neth. Antilles	Seiner						1	1	*
Panama	Seiner						7	7	8,944
Peru	Seiner			1	1			2	417
Portugal	Seiner						1	1	*
Spain	Seiner						5	5	4,736
U.S.A.	Seiner		11	6	7	7	97	128	107,272
	Baitboat-	1	13	5				19	1,647
	Jig								
USSR	Seiner						1	1	
Venezuela	Seiner						6	6	6,680
Total of *									4,392
All flags	Seiner		20	25	20	16	165	246	183,681
	Baitboat	13	16	10	1			40	3,063
	Bolichera	3						3	72
Total all gear		16	36	35	21	16	165	289	186,861
Capacity of vessels by size class Capacidad de las embarcaciones por clase de arqueo									
Gear—Arte		1	2	3	4	5	6	Total	
Seiner			1,687	3,494	4,841	5,878	167,781	183,681	
Baitboat—Jigboat		423	1,192	1,271	222			3,063	
Bolichera		72						72	
Total		495	2,879	4,765	5,063	5,878	167,781	186,861	

**TABLE 5.** Catch per ton of carrying capacity by vessel size class for the international eastern Pacific Ocean purse seine fleet.**TABLA 5.** Captura por toneladas de capacidad de acarreo por clase de arqueo de las embarcaciones cerqueras que forman la flota internacional del Océano Pacífico oriental.

Year Año	Species Especies	SIZE CLASS—CLASE DE ARQUEO								All Todas
		3	4	5	6	7	8	9	10	
1972	YF	1.62	1.57	1.53	2.55	2.92	2.09	1.63	1.62	2.08
	SJ	.77	.36	.67	.22	.40	.38	.42	.54	.42
	other	2.15	1.04	.70	.26	.08	.07	.05	.02	.30
	all	4.54	2.97	2.90	3.03	3.40	2.54	2.10	2.18	2.80
1973	YF	1.89	1.67	1.89	2.12	2.72	2.08	1.66	1.22	1.88
	SJ	.43	.33	.42	.36	.37	.42	.62	.74	.51
	other	1.70	.72	.62	.17	.09	.07	.08	.06	.20
	all	4.02	2.72	2.93	2.65	3.18	2.57	2.36	2.02	2.59
1974	YF	2.05	1.96	1.85	1.75	2.10	1.43	1.74	1.14	1.65
	SJ	.58	.78	.63	.72	.55	.64	.73	.96	.74
	other	1.53	.51	.39	.14	.00	.01	.03	.04	.12
	all	4.16	3.25	2.87	2.61	2.65	2.08	2.50	2.14	2.51
1975	YF	2.04	2.14	1.82	1.89	2.03	1.09	1.52	1.06	1.51
	SJ	1.40	1.53	.90	.79	.63	.81	.75	.83	.83
	other	1.96	1.17	.74	.38	.03	.21	.05	.04	.22
	all	5.40	4.84	3.46	3.06	2.69	2.11	2.32	1.93	2.56
1976	YF	1.78	1.46	1.37	1.36	1.80	1.18	1.76	1.31	1.56
	SJ	.91	1.41	.88	.92	.99	.79	.82	.68	.84
	other	.95	.71	.78	.25	.13	.13	.08	.13	.18
	all	3.64	3.58	3.03	2.53	2.92	2.10	2.66	2.12	2.58
1977	YF	1.79	1.30	1.41	.93	1.61	1.02	1.34	1.27	1.31
	SJ	1.24	.71	.58	.44	.59	.50	.52	.53	.55
	other	1.06	.95	.94	.31	.18	.09	.06	.05	.17
	all	4.09	2.96	2.93	1.68	2.38	1.61	1.92	1.85	2.03
1978	YF	1.19	1.58	1.61	1.01	1.49	.97	1.18	.90	1.14
	SJ	1.34	1.20	.98	.92	1.01	1.11	1.22	1.04	1.11
	other	.49	.56	.55	.24	.11	.10	.10	.07	.16
	all	3.02	3.34	3.14	2.17	2.61	2.18	2.50	2.01	2.41
1979	YF	1.28	2.01	1.62	1.33	1.43	.97	1.14	.86	1.15
	SJ	1.43	1.24	.87	.47	.91	.69	.83	.72	.81
	other	.40	.48	.28	.20	.06	.09	.08	.05	.11
	all	3.11	3.73	2.77	2.00	2.40	1.75	2.05	1.63	2.07
1980	YF	.64	1.02	1.09	.85	1.16	.62	.98	1.00	.96
	SJ	.36	.68	.82	.75	.98	.45	.82	.87	.80
	other	.73	.45	.33	.22	.07	.10	.11	.12	.15
	all	1.73	2.15	2.24	1.82	2.21	1.17	1.91	1.99	1.91
1981*	YF	.83	1.42	1.17	.88	1.30	1.01	1.21	.99	1.13
	SJ	.88	1.04	1.12	.73	.89	.43	.70	.71	.74
	other	.68	.51	.31	.06	.04	.06	.07	.06	.11
	All	2.39	2.97	2.60	1.67	2.23	1.50	1.98	1.76	1.98

\*Preliminary—preliminar

**TABLE 6.** Analysis of variance for the standardization of catch rates.**TABLA 6.** Análisis de la varianza para la normalización de los índices de captura.

Source Origen	Degrees of freedom Grados de libertad	Sum of squares Suma de los cuadrados	Mean square Promedio de los cuadrados	F
Year within stratum Año dentro del estrato	33	1604.3	48.6	35.9
Stratum type Tipo de estrato	2	10.1	5.1	3.7
Capacity Capacidad	2	11.2	5.6	4.1
Quarter Trimestre	3	28.0	9.3	6.9
Aerial assistance Ayuda aérea	1	78.4	78.4	58.0
Capacity and stratum type interaction Interaccion de la capacidad y tipo de estrato	4	23.7	5.9	4.4
Stratum type and quarter interaction Interaccion del tipo de estrato y trimestre	6	77.3	12.8	9.5
Vessel speed Velocidad del barco	1	197.2	197.2	145.7
Sea surface temperature Temperatura de la superficie del mar	1	105.8	105.8	78.2
Sea surface temperature squared Temperatura de la superficie del mar al cuadrado	1	88.5	88.5	65.4
Net length Longitud de la red	1	6.8	6.8	5.0
Net depth in stratum type I Profundidad de la red en tipo de estrato I	1	14.6	14.6	10.8
Sea surface temperature cubed Temperatura de la superficie del mar al cubo	1	65.7	65.7	48.5
Residual Residual	22,185	30,021.3	1.4	

**TABLE 7.** Fork lengths used to assign skipjack from the eastern Pacific to age-groups (age 0 + , <12 months; age 1 + , 12-24 months; age 2 + , >24 months) according to three estimated rates of linear growth.

**TABLA 7.** Longitud de horquilla usada para asignar el barrilete del Pacífico oriental a grupos de edad (edad 0 + , <12 meses; edad 1 + , 12-24 meses; edad 2 + , >24 meses) de acuerdo a los tres índices estimados del crecimiento lineal.

Growth rate Índice de crecimiento (cm/yr; cm/año)	Quarter Trimestre	Age 0 + Edad 0 + (cm)	Age 1 + Edad 1 + (cm)	Age 2 Edad 2 + (cm)
17	1	<37	37-53	>53
	2	<41	41-57	>57
	3	<46	46-62	>62
	4	<50	50-66	>66
24	1	<31	31-54	>54
	2	<37	37-60	>60
	3	<43	43-66	>66
	4	<49	49-72	>72
32	1	<24	24-55	>55
	2	<32	32-63	>63
	3	<40	40-71	>71
	4	<48	48-79	>79

**TABLE 8.** Details on tracking of yellowfin with sonic tags. The distance traveled by the fourth fish was not calculated, as it remained close to Clipperton Island.

**TABLA 8.** Detalles de la localización de delfines con marcas sónicas. La distancia viajada por el cuarto pez no fue calculada, ya que permaneció cerca a la Isla de Clipperton.

Area Zona	Date Fecha	Attached		Attachment Adherida	Maximum depth (m) Profundidad máxima (m)	Distance (nm) Distancia (mn)	Association Asociación	Time tracked Hora de localiza- ción	Circumstances of end of tracking Circunstancias en que se terminó la localización
		Time Hora	Length (cm) Talla (cm)						
7°52'N- 79°24'W	April 24	13:38	87	inserted in stomach insertada en el estómago	60	30	spotted porpoises and tunas delfines manchados y atunes	9:22	regurgitated vomitada
7°59'N- 79°18'W	April 25	11:10	89	external near anal fin externa cerca a la aleta anal	169	87	none ninguna	46:10	abandoned abandonada
10°17'N- 109°14'W	May 12	07:30	98	inserted in stomach insertada en el estómago	464	24	none ninguna	18:55	regurgitated vomitada
10°19'N 109°14'W	May 12	08:25	96	external near anal fin externa cerca a la aleta anal	110	—	tunas  atunes  (intermittently) (intermitente)	47:50	abandoned abandonada



**TABLE 9.** Stepwise discriminant function analysis of PIXE spectra in 40 variable sections.**TABLA 9.** Análisis de la función discriminante del espectro PIXE en 40 secciones variables.

Section No.	Variable numbers	Energy range (keV)	# Variables chosen	Statistics F	d.f.(N/D)	P	% correct
No. sección	Números variables	Amplitud de la energía	# de variables escogidas	Estadísticas L	g.l.(N/D)	P	% correcto
1	1-40	0- 3.2	6	95.2	6/65	<.001	100
2	41-80	3.2- 6.7	3	8.1	3/68	<.001	72
3	81-120	6.7-10.2	2	10.8	2/69	<.001	78
4	121-160	10.2-13.7	2	19.4	2/69	<.001	83
5	161-200	13.7-17.3	2	8.3	2/69	<.001	61
6	201-240	17.3-20.8	3	7.5	3/68	<.001	72
7	241-280	20.8-24.3	3	9.9	3/68	<.001	76
8	281-320	24.3-27.8	5	6.9	5/66	<.001	82
9	321-360	27.8-31.3	1	8.4	1/70	<.005	64
10	361-400	31.3-34.8	1	6.6	1/70	<.025	60
11	401-440	34.8-38.3	2	9.1	2/69	<.001	70
12	441-480	38.3-41.8	1	8.7	1/70	<.005	64
13	481-512	41.8-44.6	3	9.1	3/68	<.001	76
Combined (all 13 runs)—Combinadas (todas las 13 pasadas)							
	1-512	0.0-44.6	8	89.6	3/63*	<.001*	100
Combined (runs 2-13)—Combinadas (las pasadas 2 a 13)							
	41-512	3.2-44.6	12	20.1	8/63*	<.001*	96

**TABLE 10.** Fishing effort ( $f_a$ ) by purse seiners standardized to Class-3 days in the 22 five-degree areas for the 1961–1979 period. Annual instantaneous rate of attrition ( $Z_a$ ) of skipjack for the 1961–1979 cohorts based on growth rates of 17, 24 and 32 cm/year.

**TABLA 10.** Esfuerzo de pesca ( $f_a$ ) normalizado en días de clase 3 de arqueo de los barcos cerqueros en las 22 zonas de 5 grados, correspondiente al período de 1961–1979. El índice anual instantáneo de pérdida ( $Z_a$ ) de barrilete de las generaciones de 1961–1979, basado en los índices de crecimiento de 17, 24, y 32 cm/año.

YEAR AÑO	$f_a$ ( $10^3$ days) ( $10^3$ días)	$Z_a$		
		17 cm/year 17 cm/año	24 cm/year 24 cm/año	32 cm/year 32 cm/año
1961	7.8	2.18	2.64	3.16
1962	11.6	3.12	3.64	4.08
1963	9.6	2.78	3.60	4.24
1964	6.5	3.82	4.32	4.64
1965	10.4	3.48	4.08	4.68
1966	8.3	2.58	3.04	3.48
1967	9.4	2.86	3.40	3.84
1968	9.6	3.34	3.52	3.56
1969	7.8	3.74	4.12	4.52
1970	8.9	1.10	1.76	3.08
1971	13.6	2.86	3.40	3.44
1972	8.6	0.18	0.88	2.12
1973	12.3	0.58	2.64	4.32
1974	19.9	2.16	2.48	2.84
1975	21.9	2.86	3.64	4.16
1976	23.1	2.06	2.96	3.84
1977	15.9	3.46	5.12	6.36
1978	28.0	2.94	3.40	3.84
1979	32.2	3.02	3.68	4.16
Mean†	$Z_a$	2.72	3.41	4.01
Media†	$S_a$	0.066	0.033	0.018
	$A_a$	0.934	0.967	0.982

†excluding values for 1972 regarded as outliers.

†excluyendo los valores de 1972 considerados como no realistas.

**TABLE 11.** Estimates of prey biomass eaten by the CYRA yellowfin population per day and per year in 1970 derived by multiplying estimated prey biomass consumed per fish per day by the number of individuals in four age-classes in the CYRA in 1970 estimated by cohort analysis.  
**TABLA 11.** Estimaciones de la biomasa de las presas consumida por día y por año en el ARCAA en 1970, por la población del atún aleta amarilla, obtenidas al multiplicar la biomasa estimada de las presas consumidas por pez por día en el ARCAA en 1970 por el número de individuos correspondiente a cuatro grupos de edad, calculadas por el análisis de las generaciones.

	AGE GROUP—GRUPO DE EDAD				TOTAL
	1	2	3	4*	
Prey biomass eaten fish <sup>-1</sup> day <sup>-1</sup> (g)	88	205	461	1,403	
Biomasa de las presas ingeridas por pez por día					
Number of individuals (Sharp and Francis, 1976)	31,731,100	14,257,730	6,406,050	3,661,633	56,056,513
Mean prey biomass eaten by yellowfin population per day (metric tons):					
Promedio de la biomasa de las presas ingeridas por la población del aleta amarilla por día (toneladas métricas):					
Scombridae ( <i>Auxis</i> sp)		1,161	1,505	2,686	5,352
Scombridae ( <i>Auxis</i> sp)					
Gonostomatidae ( <i>Vinciguerria lucetia</i> )	1,221	426	122	180	1,949
Gonostomatidae ( <i>Vinciguerria lucetia</i> )					
Nomeidae ( <i>Cubiceps</i> sp)		352	639	1,608	2,599
Nomeidae ( <i>Cubiceps</i> sp)					
Cephalapoda (squids, octopods, argonauts)	1,151	372	197	88	1,808
Cefalópodos (calamares, octópodos, argonautas)					
Exocoetidae (flyingfish)	87	346	239	179	851
Exocoetidae (peces voladores)					
<i>Pleuroncodes planipes</i> (red crabs)	264	155	113	102	634
<i>Pleuroncodes planipes</i>					
unidentified fishes		75	75	88	238
peces sin identificar					
Balistidae (trigger fish)			21	69	90
Balistidae (peje chancho)					
miscellaneous	69	30	41	138	278
misceláneos					
Total prey biomass eaten per day (metric tons)	2.792	2.917	2.952	5.138	13.799
Biomasa total de las presas ingeridas por día (toneladas métricas)					
Prey biomass eaten per year (million metric tons)	1.019	1.065	1.077	1.875	5.036
Biomasa de las presas ingeridas por año (millones de toneladas métricas)					

**TABLE 12.** Descriptive growth equations and parameter estimates based on the models  $Y_t = Y_{\infty} \exp(-\exp(-K(t-t_*)))$  and  $Y_t = Y_{\infty} (1 - \exp(-K(t-t_0)))^p$ . Legend: FL = fork-length, cm; PDL = predorsal length, mm; HL = head length, mm; NWT and GWT = net and gross weight, kg; OWT = otolith weight, mg x 10; PRL = postrostrum (otolith) length, mm x 100; t = increments/365.

**TABLA 12.** Ecuaciones descriptivas del crecimiento y estimaciones de los parámetros basadas en los modelos  $Y_t = Y_{\infty} \exp(-\exp(-K(t-t_*)))$  y  $Y_t = Y_{\infty} (1 - \exp(-K(t-t_0)))^p$ . Nota: FL = longitud de horquilla, cm; PDL = longitud predorsal, mm; HL = longitud de la cabeza, mm; NWT y GWT = peso neto y bruto, k; OWT = peso del otolito, mg x 10; PRL = longitud del postrostrum (otolito), mm x 100; t = incrementos/365.

Dependent Variable Variable dependiente	Y	K	$t_*$	$t_0$	p
FL	203.1	0.5160	1.6578		
NWT	162.0	0.5609	3.6166		
GWT	163.2	0.5604	3.6220		
OWT	3764.1	0.2784	5.2690		
PRL	1093.0	0.4375	1.0876		
PDL	582.2	0.3838		-1.0294	2.0486
HL	561.4	0.3616		-0.9117	1.9141

Additional information—Datos adicionales:

$NWT = a + b(GWT)$ ;  $a = 0.031 \pm .0250$ ;  $b = 0.995 \pm .0007$

$\ln(GWT) = a + b \ln(FL)$ ;  $a = -11.182 \pm .0557$ ;  $b = 3.085 \pm .0124$

**TABLE 13.** Logged bluefin catch, effort, and catch per day's fishing 1961–1980.**TABLA 13.** Registros de captura, esfuerzo y captura por día de pesca del atún azul, 1961–1980.

Year Año	Days Fishing Días de Pesca	Catch (tons) Captura (ton)	Catch per day Captura por día	Year Año	Days Fishing Días de Pesca	Catch (tons) Captura (ton)	Catch per day Captura por día
1961	1949	8614	4.42	1971	2429	8211	3.38
1962	2531	11,124	4.40	1972	2908	13,138	4.52
1963	2574	13,342	5.18	1973	2088	8022	3.84
1964	2831	8709	3.08	1974	1746	4315	2.47
1965	2504	6300	2.52	1975	1459	7068	4.84
1966	2274	15,575	6.85	1976	2036	9759	4.79
1967	2566	5754	2.24	1977	1709	5131	3.00
1968	1755	5489	3.13	1978	1533	4145	2.70
1969	2073	6434	3.10	1979	1445	5167	3.58
1970	1599	4235	2.65	1980	1288	2681	2.08

**TABLE 14.** Lengths at age of bluefin tuna from the 1980 eastern Pacific Ocean catch, calculated by various methods from ages obtained by the scale method.

**TABLA 14.** Tallas de las edades del atún aleta azul (*Thunnus thynnus*) de las capturas obtenidas en 1980, en el Océano Pacífico oriental, calculadas mediante varios métodos según las edades adquiridas por el método del estudio de escamas.

a) Lengths at time of capture (May–Sept.) Tallas en el momento de la captura (mayo–sept.)				
Mark Marca	n n	$\bar{X}$ (mm) $\bar{X}$ (mm)	$S_{\bar{X}}$ $S_{\bar{X}}$	range (mm) fluctuación (mm)
	(no. fish) (no. de peces)			
1 +	12	707.50	47.2	654–790
2 +	110	741.75	47.7	622–1038
3 +	7	971.57	58.2	859–1036
b) Lengths backcalculated to time of mark formation using equation explained in text. Tallas retrocalculadas al tiempo en que se formó la marca usando la ecuación explicada en el texto.				
	(no. marks) (no. de marcas)			
1	12	517.95	68.3	341.4–601.2
2	110	600.24	63.2	463.9–878.3
3	7	877.08	74.1	789.5–978.7
c) Backcalculation as in b above, but using all marks from all fish combined. Retrocálculo como en b anterior, pero usando todas las marcas combinadas de todos los peces.				
1	129	403.30	97.6	189.5–657.7
2	117	604.69	66.9	463.9–878.3
3	7	877.08	74.1	789.5–978.7
d) Lengths calculated from von Bertalanffy growth equation fit to (b) above of $L_{\infty} = 7389.36$ mm $K = 0.02236$ (annual) and $t_0 = -1.875$ Tallas calculadas según el ajuste de la ecuación de crecimiento de von Bertalanffy a (b) antes mencionada de $L_{\infty} = 7389.36$ mm $K = 0.02236$ (anual) y $t_0 = -1.875$				
1	12	460.08		
2	110	613.30		
3	7	763.13		

**TABLA 15.** Cantidad de barrilete negro (*Euthynnus lineatus*) muestrado por zona y mes.

[illegible]

**TABLA 16.** Proporción de sexos por zona y trimestre del *Euthynnus lineatus* capturado por la pesquería. Se calcularon los valores del ji-cuadrado al suponer una proporción sexual de 1:1

[illegible]



**TABLE 17.** Sex ratios of black skipjack captured by the purse seine fishery by 5cm classes.**TABLA 17.** Proporción de sexos del barrilete negro (*Euthynnus lineatus*) por intervalos de 5 cm, capturado por la pesca con redes de cerco.

Length-class Intervalos de talla	Number of fish observed Cantidad observada de peces		Percent male Porcentaje de machos	chi-square ji-cuadrado
	Male Machos	Female Hembras		
35cm-40cm	121	118	50.6	.04
41cm-45cm	408	394	50.9	.25
46cm-50cm	327	310	52.2	.46
51cm-55cm	203	164	55.3	4.15*
56cm-60cm	122	77	61.3	10.18**
61cm-65cm	13	5	72.2	3.61
Totals	1194	1068	52.8	7.02**

**TABLE 18.** Estimated purse-seine catch of yellowfin associated with dolphins, eastern Pacific east of 150°W.**TABLA 18.** Captura estimada de aleta amarilla asociada con delfines, obtenida por cerqueros en el Pacífico oriental al este de 150°W.

Year	Estimated catch by purse seine of yellowfin associated with dolphins	Total estimated yellowfin catch all gears	% of catch of yellowfin associated with dolphins
Año	Captura estimada de aleta amarilla asociada con delfines obtenida por cerqueros	Captura total estimada de atún aleta amarilla obtenida por todas las artes	% de captura de atún aleta amarilla asociado con delfines
1973	149,166	227,334	65.62
1974	119,773	232,346	51.55
1975	133,995	223,907	59.84
1976	141,992	261,404	54.32
1977	120,004	220,825	54.34
1978	67,276	198,492	33.89
1979	90,986	210,134	43.30
1980	85,499	179,058	47.75
1981*	94,275	198,944	47.39

\*Data for 1981 are provisional  
 Los datos para 1981 son provisionales

**TABLE 19.** Summary statistics for data collected by technicians aboard purse seiners in 1979.**TABLA 19.** Sumario de las estadísticas de los datos obtenidos por técnicos a bordo de embarcaciones cerqueras en 1979.

	Number of sets	Dolphins killed	Tons of tuna caught	kill/set	kill/ton	tons/set
	Número de lances	Delfines muertos	Tonelaje capturado de atún	Mortalidad/ lance	Mortalidad/ tonelada	Tonelada/ lance
Pure spotted Manchado puro	538	658	5368	1.22	0.123	9.98
Pure eastern spinner Tornillo oriental puro	4	2	27	0.50	0.074	6.75
Pure whitebelly spinner Tornillo panza blanca puro	0	0	0	—	—	—
Pure spinner (all, incl. unid. spin.) Tornillo puro (todos, incl. tornillos no ident.)	5	2	47	0.40	0.043	9.40
Spotted/eastern spinner: total Manchado/tornillo oriental: total	166	474	1695	2.86	0.280	10.21
: spotted		239		1.44	0.141	
: manchado						
: eastern spinner		215		1.30	0.127	
: tornillo oriental						
: unid. dolphin		20				
: delfín no ident.						
Spotted/whitebelly spinner: total Manchado/tornillo panza blanca: total	139	949	2030	6.83	0.467	14.60
: spotted		711		5.12	0.350	
: manchado						
: whitebelly spinner		196		1.41	0.097	
: tornillo panza blanca						

**TABLE 19.** Continued  
**TABLA 19.** Continuación

	Number of sets	Dolphins killed	Tons of tuna caught	kill/set	kill/ton	tons/set
	Número de lances	Delfines muertos	Tonelaje capturado de atún	Mortalidad/ lance	Mortalidad/ tonelada	Tonelada/ lance
: unid. dolphin : delfín no ident.		42				
Spotted/spinner (all): total Manchado/tornillo (todos): total	333	1481		4.45	0.367	12.11
: spotted : manchado		974		2.92	0.242	
: eastern spinner : tornillo oriental		233		0.70	0.058	
: whitebelly spinner : tornillo panza blanca		199		0.60	0.049	
: unid. spinner : tornillo no ident.		12				
: unid. dolphin : delfín no ident.		63				
Pure common Común puro	72	727	1181	10.10	0.616	16.40
Pure striped Listado puro	5	24	55	4.80	0.436	11.00

**TABLE 20.** Summary statistics for data collected by technicians aboard purse seiners in 1980.**TABLA 20.** Sumario de las estadísticas de los datos obtenidos por técnicos a bordo de embarcaciones cerqueras en 1980.

	Number of sets	Dolphins killed	Tons of tuna caught	kill/set	kill/ton	tons/set
	Número de lances	Delfines muertos	Tonelaje capturado de atún	Mortalidad/ lance	Mortalidad/ tonelada	Tonelada/ lance
Pure spotted Manchado puro	693	1283	6813	1.85	0.188	9.83
Pure eastern spinner Tornillo oriental puro	6	20	8	3.33	2.500	1.33
Pure whitebelly spinner Tornillo panza blanca puro	4	657	80	164.25	8.213	20.00
Pure spinner (all, incl. unid. spin.) Tornillo puro (todos, incl. tornillos no ident.)	12	677	88	56.42	7.693	7.33
Spotted/eastern spinner: total Manchado/tornillo oriental: total	98	339	818	3.46	0.414	8.35
: spotted		146		1.49	0.179	
: manchado						
: eastern spinner		182		1.86	0.222	
: tornillo oriental						
: unid. dolphin		11				
: delfín no ident.						
Spotted/whitebelly spinner: total Manchado/tornillo panza blanca: total	256	1572	3357	6.14	0.468	13.11
: spotted		1131		4.42	0.337	
: manchado						
: whitebelly spinner		410		1.60	0.122	
: tornillo panza blanca						

**TABLE 20.** Continued  
**TABLA 20.** Continuación

	Number of sets	Dolphins killed	Tons of tuna caught	kill/set	kill/ton	tons/set
	Número de lances	Delfines muertos	Tonelaje capturado de atún	Mortalidad/ lance	Mortalidad/ tonelada	Tonelada/ lance
: unid. dolphin		31				
: delfín no ident.						
Spotted/spinner (all): total	412	2055	4761	4.99	0.432	11.56
Manchado/tornillo (todos): total						
: spotted		1368		3.32	0.287	
: manchado						
: eastern spinner		215		0.52	0.045	
: tornillo oriental						
: whitebelly spinner		423		1.03	0.089	
: tornillo panza blanca						
: unid. spinner		9				
: tornillo no ident.						
: unid. dolphin		40				
: delfín no ident.						
Pure common	49	371	365	7.57	1.016	7.45
Común puro						
Pure striped	5	38	2	7.60	19.000	0.40
Listado puro						

**TABLE 21.** Summary statistics for data collected by technicians aboard purse seiners in 1981.

**TABLA 21.** Sumario de las estadísticas de los datos obtenidos por técnicos a bordo de embarcaciones cerqueras en 1981.

	Number of sets	Dolphins killed	Tons of tuna caught	kill/set	kill/ton	tons/set
	Número de lances	Delfines muertos	Tonelaje capturado de atún	Mortalidad/ lance	Mortalidad/ tonelada	Tonelada/ lance
Pure spotted Manchado puro	860	1674	9464	1.95	0.177	11.00
Pure eastern spinner Tornillo oriental puro	10	82	79	8.20	1.038	7.90
Pure whitebelly spinner Tornillo panza blanca puro	4	95	18	23.75	5.278	4.50
Pure spinner (all, incl. unid. spin.) Tornillo puro (todos, incl. tornillos no ident.)	20	206	178	10.30	1.157	8.90
Spotted/eastern spinner: total Manchado/tornillo oriental: total	180	599	1836	3.33	0.326	10.20
: spotted		367		2.04	0.200	
: manchado						
: eastern spinner		217		1.21	0.118	
: tornillo oriental						
: unid. dolphin		15				
: delfín no ident.						
Spotted/whitebelly spinner: total Manchado/tornillo panza blanca: total	270	2142	5016	7.93	0.427	18.58
: spotted		1264		4.68	0.252	
: manchado						
: whitebelly spinner		846		3.13	0.169	
: tornillo panza blanca						

**TABLE 21.** Continued  
**TABLA 21.** Continuación

	Number of sets	Dolphins killed	Tons of tuna caught	kill/set	kill/ton	tons/set
	Número de lances	Delfines muertos	Tonelaje capturado de atún	Mortalidad/ lance	Mortalidad/ tonelada	Tonelada/ lance
: unid. dolphin		32				
: delfín no ident.						
Spotted/spinner (all): total	509	2952	7528	5.80	0.392	14.79
Manchado/tornillo (todos): total						
: spotted		1780		3.50	0.236	
: manchado						
: eastern spinner		237		0.47	0.031	
: tornillo oriental						
: whitebelly spinner		879		1.73	0.117	
: tornillo panza blanca						
: unid. spinner		9				
: tornillo no ident.						
: unid. dolphin		47				
: delfín no ident.						
Pure common	30	197	356	6.57	0.553	11.87
Común puro						
Pure striped	2	12	0	6.00	—	0.00
Listado puro						



**TABLE 22.** Summary statistics for data collected by technicians aboard purse seiners in 1979, 1980 and 1981 combined.

**TABLA 22.** Sumario de las estadísticas de los datos obtenidos por técnicos a bordo de embarcaciones cerqueras en 1979, 1980 y 1981.

	Number of sets	Dolphins killed	Tons of tuna caught	kill/set	kill/ton	tons/set
	Número de lances	Delfines muertos	Tonelaje capturado de atún	Mortalidad/ lance	Mortalidad/ tonelada	Tonelada/ lance
Pure spotted Manchado puro	2091	3615	21647	1.73	0.167	10.35
Pure eastern spinner Tornillo oriental puro	20	104	114	5.20	0.912	5.70
Pure whitebelly spinner Tornillo panza blanca puro	8	752	98	94.00	7.673	12.25
Pure spinner (all, incl. unid. spin.) Tornillo puro (todos, incl. tornillos no ident.)	37	885	313	23.92	2.827	8.46
Spotted/eastern spinner: total Manchado/tornillo oriental: total	444	1412	4349	3.18	0.325	9.80
: spotted		752		1.69	0.173	
: manchado						
: eastern spinner		614		1.38	0.141	
: tornillo oriental						
: unid. dolphin		46				
: delfín no ident.						
Spotted/whitebelly spinner: total Manchado/tornillo panza blanca: total	665	4663	11155	7.01	0.418	16.77
: spotted		3106		4.67	0.278	
: manchado						
: whitebelly spinner		1452		2.18	0.130	
: tornillo panza blanca						

**TABLE 22.** Continued  
**TABLA 22.** Continuación

	Number of sets	Dolphins killed	Tons of tuna caught	kill/set	kill/ton	tons/set
	Número de lances	Delfines muertos	Tonelaje capturado de atún	Mortalidad/ lance	Mortalidad/ tonelada	Tonelada/ lance
: unid. dolphin		105				
: delfín no ident.						
Spotted/spinner (all): total	1254	6490	16320	5.18	0.398	13.01
Manchado/tornillo (todos): total						
: spotted		4122		3.29	0.253	
: manchado						
: eastern spinner		685		0.55	0.042	
: tornillo oriental						
: whitebelly spinner		1501		1.20	0.092	
: tornillo panza blanca						
: unid. spinner		30				
: tornillo no ident.						
: unid. dolphin		160				
: delfín no ident.						
Pure common	151	1295	1902	8.58	0.681	12.60
Común puro						
Pure striped	12	74	57	6.17	1.298	4.75
Listado puro						

**TABLE 23.** Sampling intensity of the US and Non-US flag fleets by the tuna-dolphin investigation of the Commission.**TABLA 23.** Intensidad de muestreo de las flotas de pabellón estadounidense y de otros países basado en datos obtenidos por la Investigación Atún-Delfín de la Comisión.

	1979		1980		1981		Combined	
	US flag Pabellón de EE UU	Non-US flag Pabellón de otros países	US flag Pabellón de EE UU	Non-US flag Pabellón de otros países	US flag Pabellón de EE UU	Non-US flag Pabellón de otros países	US flag Pabellón de EE UU	Non-US flag Pabellón de otros países
Sampled Sets Lances Muestreados	914	111	1144	115	1434	79	3492	305
Total Sets Total de Lances	6211	2360	5295	2707	5691	2733	17197	7800
% Sampled % Muestreado	14.72	4.70	21.61	4.25	25.20	2.89	20.31	3.91

**TABLE 24.** Annual numbers of dolphin sets. Totals may differ from row sums because of rounding.**TABLA 24.** Número anual de lances sobre delfines. Los totales pueden ser diferentes de las sumas de las columnas porque se han redondeado.

Year	Identified dolphin sets	Unidentified sets estimated to be dolphin sets	Unlogged sets estimated to be dolphin sets	Total
Año	Lances identi- ficados de delfines	Lances sin identi- ficar estimados como lances sobre delfines	Lances sin regis- trar que se esti- man son lances sobre delfines	Total
1959	132	420	39	590
1960	1,644	3,524	235	5,402
1961	3,617	3,896	337	7,850
1962	2,866	744	127	3,737
1963	3,290	833	308	4,431
1964	5,933	1,212	504	7,648
1965	6,172	1,141	499	7,813
1966	5,443	896	529	6,869
1967	3,510	472	217	4,199
1968	3,833	175	150	4,159
1969	7,664	305	393	8,362
1970	7,912	329	394	8,634
1971	4,816	484	234	5,534
1972	8,203	856	329	9,386
1973	8,686	1,104	359	10,150
1974	7,955	866	736	9,557
1975	8,172	465	1,026	9,664
1976	7,481	329	1,043	8,853
1977	7,485	183	2,312	9,981
1978	5,174	100	1,022	6,296
1979	7,524	117	911	8,552
1980	6,803	189	974	7,966
1981	6,912	286	1,083	8,281

**TABLE 25.** Estimates of dolphin mortality in 1981 using the kill-per-ton ratio estimator. Standard errors of the estimates are given in parenthesis.

**TABLA 25.** Estimaciones de la mortalidad de delfines en 1981 usando el estimador de la proporción de la mortalidad por tonelada. El error normal de las estimaciones se presenta entre paréntesis.

<b>Stock</b>	<b>US flag vessels</b>		<b>Non-US flag vessels</b>		<b>Total</b>	
<b>Población</b>	<b>Barcos con pabellón de los EE UU</b>		<b>Barcos con pabellón de otros países</b>		<b>Total</b>	
Offshore spotted Manchado de alta mar	11764	(1098)	12647	(9238)	24411	(9303)
Eastern spinner Tornillo oriental	1673	(353)	193	(436)	1866	(561)
Whitebelly spinner Tornillo panza blanca	3410	(458)	1694	(1588)	5104	(1653)
Unidentified spinner Tornillo sin identificar	67	(19)	558	(1386)	625	(1386)
Common dolphin Delfín común	1381	(288)	77	(191)	1458	(346)
Striped dolphin Delfín listado	64	(22)	0	—	64	(22)
Other and unidentified Otros y sin identificar	161	(22)	1348	(2487)	1509	(2487)
Total	18520	(1275)	16516	(9807)	35036	(9890)
Total						

**TABLE 26.** Estimates of dolphin mortality in 1981 using the kill-per-set ratio estimator. Standard errors of the estimates are given in parenthesis.

**TABLA 26.** Estimaciones de la mortalidad de delfines en 1981 usando el estimador de la proporción de la mortalidad por lance. El error normal de las estimaciones se presenta entre paréntesis.

Stock	US flag vessels		Non-US flag vessels		Total	
Población	Barcos con pabellón de los EE UU		Barcos con pabellón de otros países		Total	
Offshore spotted Manchado de alta mar	11364	(1304)	22005	(20203)	33369	(20245)
Eastern spinner Tornillo oriental	1616	(346)	335	(333)	1951	(480)
Whitebelly spinner Tornillo panza blanca	3294	(516)	2947	(3049)	6241	(3092)
Unidentified spinner Tornillo sin identificar	64	(18)	971	(1041)	1035	(1041)
Common dolphin Delfín común	1334	(279)	134	(144)	1468	(314)
Striped dolphin Delfín listado	62	(22)	0	—	62	(22)
Other and unidentified Otros y sin identificar	156	(21)	2345	(1815)	2501	(1815)
Total	17890	(1471)	28738	(20542)	46628	(20595)
Total						

**TABLE 27.** Results of predicting group classification of yellowfin school catch rates (tons/hour of search time) from the discriminant function based on the depth of the 23°C isotherm and vertical depth gradients.

**TABLA 27.** Resultados del pronóstico de la clasificación de grupos de los índices de captura (toneladas/hora del tiempo de búsqueda) según la función discriminante basada en la profundidad de la isoterma de 23°C.

Observed group classes Grupos observados de generaciones	Predicted group classification <sup>1</sup> Pronóstico de la clasificación de grupos			Number cases per group Cantidad de casos por grupos
	tons/hour	ton/hour	tons/hour	
	0-1.6	1.7-2.7	>2.8	
	ton/hora	ton/hora	ton/hora	
0-1.6 tons/hour ton/hora	109 74.1%	38 25.8%	0 0.0%	147
1.7-2.7 tons/hour ton/hora	26 19.8%	77 58.8%	28 21.4%	131
>2.7 tons/hour ton/hora	1 0.8%	36 29.5%	86 69.7%	122

<sup>1</sup>Average percent (67.7%) of grouped cases correctly classified. Top values are predicted numbers; bottom values are percent classified for each group.

<sup>1</sup>Porcentaje normal (67.7) de casos agrupados correctamente clasificados. Los valores en la parte superior son las cantidades pronosticadas; los valores de abajo son los porcentajes clasificados de cada grupo.

**TABLE 28.** Results of predicting group classification of yellowfin with dolphin catch rates (tons/hour of search time) from the discriminant function based on the vertical depth gradient and sea surface temperature.

**TABLA 28.** Resultados del pronóstico de la clasificación de grupos de los índices de captura (toneladas/hora del tiempo de búsqueda) según la función discriminante.

Observed group classes Grupos observados de generaciones	Predicted group classification/ Pronóstico de la clasificación de grupos			Number cases per group Cantidad de casos por grupos
	tons/hour	ton/hour	tons/hour	
	0-1.6 ton/hora	1.7-2.7 ton/hora	2.7 ton/hora	
0-1.7 tons/hour ton/hora	128 68.8%	40 21.5%	18 9.5%	186
1.7-2.7 tons/hour ton/hora	53 29.6%	65 36.3%	61 34.1%	179
>2.7 tons/hour ton/hora	15 8.1%	43 23.1%	128 68.8%	186

<sup>1</sup>Average percent (58.3%) of grouped cases correctly classified. Top values are predicted numbers; bottom values are percent classified for each group.

<sup>1</sup>Porcentaje normal (58.3) de casos agrupados correctamente clasificados. Los valores en la parte superior son las cantidades pronosticadas; los valores de abajo son los porcentajes clasificados de cada grupo.



**TABLE 29.** Quotas, catches, CPDFs (Class-6 purse seiners), and CPSDFs (Class-3 purse seiners) for yellowfin in the eastern Pacific Ocean, 1967–1981. The quotas and catches are in thousands of short tons, and the CPDFs and CPSDFs in short tons. The CPSDF data are adjusted to compensate for increased success in capturing schools of fish that are encountered.

**TABLA 29.** Cuotas, capturas, CPDP (clase 6 de cerqueros) y CPDNP (clase 3 de cerqueros) para el aleta amarilla en el Océano Pacífico oriental, 1967–1981. Las cuotas y las capturas se indican en miles de toneladas americanas, y las CPNP y las CPDNP en toneladas americanas. Los datos de la CPDNP se ajustan para compensar el aumento de las pescas positivas al capturar cardúmenes de peces que se encuentran.

Year	Inside CYRA				Outside CYRA		Total Catch
	Quota	Catch	CPDF	CPSDF	Catch	CPDF	

Año	En el ARCAA			Zona fuera del ARCAA		Captura Total
	Cuota	Captura	CPDF	CPDNP	Captura	CPDF

1967	84.5	90.0	?	5.1	0.0	—	90.0
1968	93	114.4	18.1	6.1	1.2	—	115.6
1969	120	126.9	17.8	5.9	19.2	20.4	146.1
1970	120	142.6	16.9	6.0	30.7	11.7	173.3
1971	140 + (2x10)*	113.9	9.8	4.2	22.8	10.6	136.6
1972	120 + (2x10)	152.5	17.0	6.0	44.8	12.5	197.3
1973	130 + (3x10)	177.8	12.6	5.2	49.5	13.0	227.3
1974	175 + (2x10)	191.3	9.7	4.6	41.1	10.2	232.3
1975	175 + (2x10)	176.4	8.2	3.6	47.5	12.2	223.9
1976	175 + (2x10)	210.7	9.2	3.8	50.7	12.7	261.4
1977	175 + (20 + 15)	203.0	7.2	3.3	17.9	10.2	220.8
1978	175 + (20 + 15)	182.8	6.6	2.8	15.7	9.7	198.5
1979	175 + (20 + 15)	195.0	5.8	2.5	15.1	8.4	210.1
1980	none	147.0	4.6	2.0	29.3	8.9	176.3
1981**	none	175.9	5.8	2.4	25.5	7.9	201.4

\*“(2x10)” indicates two increments of 10 thousand tons each to be added to the quota at the discretion of the Director of Investigations.

“(2x10)” indica los dos crecimientos de 10 mil toneladas cada uno que se han de agregar a la cuota a discreción del Director de Investigaciones.

\*\*preliminary—preliminar

**TABLE 30.** Estimated numbers of fish, in thousands, of the X and Y cohorts during the 1966 through 1981 seasons.**TABLA 30.** Cantidades estimadas de peces, en millares, de los grupos X e Y durante las temporadas 1966 a 1981.

Season Temporada	Quarter Trimestre	Y					X + Y		X			
		IV	III	II	I	O	V +		IV	III	II	I
1966	1	69	284	2314	10095	0	130		138	510	3965	33056
	2	41	114	1396	6955	0	130		73	299	2769	28046
	3	29	70	721	4396	15170	130		47	206	1474	21206
	4	24	45	362	3203	13177	130		33	143	1099	16408
1967	1	31	225	2263	10317	0	112		84	847	12159	17092
	2	23	119	1539	6697	0	112		59	399	8504	16424
	3	19	75	1169	4100	27666	112		48	161	6211	13104
	4	15	61	945	3080	22651	112		40	127	4919	10507
1968	1	50	704	2096	18357	0	54		104	3638	8264	23519
	2	33	482	1306	13054	0	54		61	2399	6132	19265
	3	24	360	943	8834	17483	54		33	1669	4574	15588
	4	20	292	739	6847	13787	54		27	1303	2814	12429
1969	1	218	539	5172	10880	0	47		908	2546	9927	18210
	2	152	340	3731	7390	0	47		550	1530	7535	14819
	3	124	240	2879	4925	18444	47		450	1064	5901	11714
	4	102	196	2247	3742	15100	47		369	879	4807	9221
1970	1	139	1758	2207	12018	0	150		653	3486	6271	18671
	2	90	1222	1120	8565	0	150		451	2380	3988	14593
	3	74	938	824	5998	20420	150		369	1832	3030	11522
	4	60	768	638	4626	16751	150		302	1544	2460	8862
1971	1	611	428	3315	13357	0	286		1179	1674	5950	25325
	2	500	270	2308	9564	0	286		914	938	3833	19501
	3	409	215	1788	7167	14141	286		743	630	2871	15676
	4	335	168	1424	5645	11575	286		620	498	2277	12457
1972	1	103	734	4055	8767	0	281		173	1448	9407	15196
	2	60	295	2894	5653	0	281		35	792	6355	12004
	3	49	204	2267	3786	23500	281		24	569	4473	9747
	4	40	166	1808	2819	19721	281		23	456	3515	7913

TABLE 30. Continued  
TABLA 30. Continuación

Season Temporada	Quarter Trimestre	Y						X + Y		X			
		IV	III	II	I	0		V +		IV	III	II	I
1973	1	88	955	1699	15081	0		197		242	2516	6346	18181
	2	39	356	959	7657	0		197		102	1674	4849	15816
	3	30	212	700	3319	50693		197		72	1225	3696	12615
	4	25	166	566	2415	41501		197		58	981	2858	10197
1974	1	98	334	1776	31458	0		150		703	1554	8022	32063
	2	56	176	1292	17491	0		150		502	738	6159	25713
	3	44	132	1036	9383	19758		150		406	544	4840	20337
	4	36	101	832	6827	15622		150		331	418	3795	15909
1975	1	53	586	4751	11921	0		72		255	2445	11460	23666
	2	17	381	3294	8526	0		72		135	1417	7711	18614
	3	8	282	2476	6196	22877		72		90	999	5562	14047
	4	7	229	1814	4822	17659		72		72	783	4267	10599
1976	1	169	1090	3547	11801	0		88		565	3130	7466	18455
	2	117	581	2307	6362	0		88		377	2210	4393	14730
	3	96	365	1536	3515	20477		88		271	1645	2699	11535
	4	78	229	1121	2256	16371		88		194	1267	1994	8756
1977	1	114	714	1469	12075	0		100		936	1392	6469	18299
	2	64	362	965	7440	0		100		698	758	4186	14658
	3	46	151	611	4356	48969		100		533	351	2459	11305
	4	37	57	410	2664	37087		100		416	189	1531	8437
1978	1	24	269	1694	24108	0		86		124	987	6168	24829
	2	12	180	1207	12927	0		86		90	689	4444	16718
	3	8	125	903	7055	30922		86		63	512	3228	10557
	4	6	75	654	4639	22707		86		41	376	2376	7041
1979	1	38	430	2924	14566	0		100		244	1545	4600	27160
	2	21	282	1724	8465	0		100		156	900	3146	20001
	3	15	198	1139	5171	30476		100		114	592	2281	13236
	4	12	145	780	3433	21428		100		91	401	1637	8189

**TABLE 30.** Continued  
**TABLA 30.** Continuación

Season Temporada	Quarter Trimestre	Y					$\frac{X + Y}{V +}$	X			
		IV	III	II	I	0		IV	III	II	I
1980	1	96	476	2314	14329	0	80	228	1057	4897	18604
	2	63	300	1633	8501	0	80	139	687	2837	12891
	3	50	228	1212	5160	25242	80	106	503	1808	8452
	4	40	169	897	3833	19391	80	82	378	1332	6031
1981	1	85	636	2694	13078	0	80	257	855	4235	18231
	2	37	458	1832	7019	0	80	169	536	2696	12867
	3	27	348	1333	4047	23777	80	129	361	1790	8577
	4	20	266	1000	2858	17145	80	100	250	1333	5715

**TABLE 31.** Estimated recruitment in thousands of fish of the X and Y cohorts, and of the X and Y cohorts combined, for 1966–1981.

**TABLA 31.** Reclutamiento estimado en millares de peces de los grupos X e Y, y de los dos grupos combinados, desde 1966–1981.

Year Año	Y	X	X + Y
1966	15260	33056	48316
1967	15170	17092	32262
1968	27666	23519	51185
1969	17483	18210	35693
1970	18444	18671	37115
1971	20420	25325	45745
1972	14141	15196	29337
1973	23500	18181	41681
1974	50693	32063	82756
1975	19758	23666	43424
1976	22877	18455	41332
1977	20477	18299	38776
1978	48969	24829	73798
1979	30922	27160	58082
1980	30476	18604	49080
1981	25242	18231	43473
Average Promedio	25094	21910	47003

